

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ALEXANDRE MOREIRA VIEIRA

**GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA:
ABORDAGEM DA TRANSIÇÃO SOCIOTÉCNICA**

CURITIBA

2021

ALEXANDRE MOREIRA VIEIRA

**GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA:
ABORDAGEM DA TRANSIÇÃO SOCIOTÉCNICA**

**Photovoltaic energy generation in a public university: approach to
sociotechnical transition**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Administração Pública, do Programa de Pós-Graduação em Administração Pública em Rede Nacional (PROFIAP) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Orientadora: Andriele de Prá Carvalho
Coorientadora: Paula Regina Zarelli

CURITIBA

2021



4.0 Internacional

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



ALEXANDRE MOREIRA VIEIRA

**GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA: ABORDAGEM DA
TRANSIÇÃO SOCIOTÉCNICA**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Administração Pública da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Administração Pública.

Data de aprovação: 15 de Dezembro de 2021

Prof.a Andriele De Pra Carvalho, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Alexandre Meira De Vasconcelos, Doutorado - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (Ufms)

Prof Gilberto Francisco Ceretta, Doutorado - Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)

Prof.a Paula Regina Zarelli, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 20/12/2021.

Dedico esse trabalho a minha esposa Ariane Ferrari
da Cruz Vieira e a minha mãe Rosa Maria Moreira
Vieira.

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre acreditar em mim e por estar ao meu lado em todos os caminhos que eu percorro.

A minha esposa Ariane Ferrari da Cruz Vieira por toda a motivação nos períodos de estudo e por sempre estar do meu lado me apoiando.

Aos meus pais Rosa Maria Moreira Vieira e Carlos Moreira Vieira por toda a educação que eles me proporcionaram.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná que abre portas para que servidores públicos possam se aprimorar na gestão pública através dos ensinamentos fornecidos no curso de Mestrado Profissional em Administração Pública (PROFIAP).

A minha orientadora Profa. Dra. Andriele de Prá Carvalho que me ajudou muito nesse percurso com excelência e dedicação em suas orientações e sugestões, contribuindo muito com meu aprendizado e com a conclusão dessa dissertação.

A minha coorientadora Profa. Dra. Paula Regina Zarelli que me auxiliou nesse percurso com sugestões excelentes para a conclusão dessa dissertação.

Aos Coordenadores Prof. Dr. Abel Dionizio Azeredo e Profa. Dra. Louisi Francis Moura por sempre estarem dispostos a ajudar todos os envolvidos com o PROFIAP.

A todos os professores do PROFIAP pelos ensinamentos fornecidos durante as disciplinas ministradas ao longo do curso.

O que eu faço é uma gota no meio de um oceano. Mas sem ela, o oceano será menor.
(MADRE TERESA DE CALCUTÁ)

RESUMO

A sustentabilidade vem inspirando a sociedade mundial a combater os problemas ambientais que assolam territórios espalhados por todo o globo terrestre com o intuito da conscientização que os recursos naturais são limitados e devem ser utilizados conscientemente. Através desse pensamento, foi forjado o ideal de desenvolvimento sustentável, o qual explicita que o desenvolvimento econômico deve ser aliado ao desenvolvimento social e à preservação ambiental. Através dessa mentalidade, academia, pesquisadores, iniciativa privada e Estado tem desempenhado conjuntamente papel importante na elaboração de processos e produtos que proporcionam inovações tecnológicas aliadas ao desenvolvimento sustentável. A energia fotovoltaica é um dos frutos tecnológicos gerados por essa união e nos últimos anos tem desempenhado papel importante no Brasil em termos de gestão e fornecimento de eletricidade renovável, sustentável e econômica. O objetivo geral da dissertação foi analisar, através da perspectiva multinível da teoria sociotécnica, a implementação da energia solar na gestão sustentável de uma universidade pública brasileira. Através dessa análise, foi possível entender as fases da trajetória de implementação e consolidação dessa inovação tecnológica no regime atual dominante. A pesquisa descritiva e qualitativa do presente trabalho, envolveu análise de conteúdo, análise documental e sistemática da literatura sobre os temas sustentabilidade, energia fotovoltaica, análise sociotécnica e inovação.

Palavras-chave: análise multinível; inovação sustentável; energia fotovoltaica; transição sociotécnica; universidade pública.

ABSTRACT

Sustainability has been inspiring world society to fight the environmental problems that plague territories spread across the globe in order to raise awareness that natural resources are limited and must be used conscientiously. Through this thought, the ideal of sustainable development was forged, which explains that economic development must be combined with social development and environmental preservation. Through this mentality, academia, researchers, private initiative and the State have jointly played an important role in the development of processes and products that provide technological innovations allied to sustainable development. Photovoltaic energy is one of the technological fruits generated by this union and in recent years it has played an important role in Brazil in terms of management and supply of renewable, sustainable and economical electricity. The general objective of the dissertation was to analyze, through the multilevel perspective of sociotechnical theory, the implementation of solar energy in the sustainable management of a Brazilian public university. Through this analysis, it was possible to understand the phases of the trajectory of implementation and consolidation of this technological innovation in the current dominant regime. The descriptive and qualitative research of the present work involved content analysis, documental and systematic analysis of the literature on the themes of sustainability, photovoltaic energy, socio-technical analysis and innovation.

Keywords: multilevel analysis; sustainable innovation; photovoltaics; sociotechnical transition; public university.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Níveis sociotécnicos de acordo com a perspectiva multinível de Geels.....	26
Figura 2 - Desenvolvimento Sustentável com enfoque no Método Tiple Bottom Line	41
Figura 3 - Emissão de gases em usina de carvão	43
Figura 4 - Painel de energia fotovoltaica.....	46
Figura 5 - Implementação da Usina Fotovoltaica sob a Análise Sociotécnica ..	57
Figura 6 - Rede de atores da Usina Fotovoltaica.....	67
Figura 7 - Etapas de implementação da Usina Solar	74
Figura 8 - Melhorias detectadas com a Usina Fotovoltaica.....	76
Figura 9 - Discussões e influências geradas pela Usina Fotovoltaica	78
Figura 10 - Análise Sociotécnica do Processo de implementação da Usina Fotovoltaica	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição das áreas envolvidas.....	65
Tabela 2 - Descrição dos atores responsáveis pela concepção da usina	65
Tabela 3 - Descrição dos atores responsáveis durante a implementação e suas atribuições	66
Tabela 4 - Organização de comissões.....	68
Tabela 5 - Descrição das principais barreiras identificadas no processo	70
Tabela 6 - Principais incentivos notados para a realização do projeto.....	71
Tabela 7 - Incentivos legais ou administrativos	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dimensões do Nível Micro	69
Quadro 2 - Dimensões do Nível Meso	77
Quadro 3 - Dimensões do Nível Macro	79

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contextualização	13
1.2	Problematização	18
1.3	Objetivos da Pesquisa	20
1.3.1	Objetivo Geral	20
1.3.2	Objetivos Específicos	20
1.4	Justificativa	20
1.5	Delimitação da pesquisa	21
1.6	Estrutura do trabalho	22
2	REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1	Inovação	24
2.2	Análise Sociotécnica e Multinível	25
2.2.1	Nível Micro (Nichos)	27
2.2.2	Nível Meso (Regime)	31
2.2.3	Nível Macro (Paisagem)	36
2.3	Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável	39
2.4	Energia Fotovoltaica	43
2.5	Gestão Sustentável	48
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	51
3.1	Método de Pesquisa	51
3.2	Procedimentos de pesquisa e coleta de dados	52
3.2.1	Levantamento documental	52
3.2.2	Análise de dados	53
4	RESULTADOS	55
4.1	Trajetória de desenvolvimento e aplicação da energia fotovoltaica em uma universidade pública brasileira	55
4.2	Análise multinível do processo de implementação de usina fotovoltaica em uma universidade pública brasileira	62
4.2.1	Análise das dimensões do Nível Micro	63
4.2.2	Análise das dimensões do Nível Meso	69
4.3.3	Análise das dimensões do Nível Macro	77
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	81

REFERÊNCIAS.....	86
-------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A sustentabilidade é um desafio mundial para que as gerações atuais se preocupem com os recursos naturais, com o intuito da preservação do meio ambiente para as gerações futuras. O aproveitamento desses recursos deve ser racionalmente mensurado, evitando-se o desperdício e esgotamento. Segundo Van Bellen (2004), a sustentabilidade é uma gestão da humanidade e não apenas dos recursos naturais, pois o ser humano precisa ser educado a viver de maneira sustentável, assegurando que os produtos da natureza sejam utilizados numa velocidade que permita sua regeneração. De acordo com Paz e Kipper (2016), o conceito de sustentabilidade é oriunda do latim “*sustentare*” que significa sustentar, suportar, conservar em bom estado, manter, resistir. Ainda Mikhailova (2004) afirma que a sustentabilidade é saber mensurar a quantidade do consumo que pode continuar indefinidamente sem degradar os estoques de capital total, representado pela soma de capital material (feito pelo homem), capital humano e capital natural.

Em razão dos enormes desgastes que o meio ambiente vem sofrendo nas últimas décadas, diversos países entenderam, principalmente a partir da década de 90, que é necessário adotar atitudes sustentáveis. Segundo Carvalho e Cabral (2020), a Conferência Internacional da Organização das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro no ano de 1992, adotou a Agenda 21 para transformar o desenvolvimento sustentável em uma meta global. Ainda, Jacobi (1999) afirma que nessa conferência ocorreu o entendimento entre as nações sobre a adoção de medidas concretas que alinhassem as atividades econômicas com o bem estar ambiental do planeta. Ademais, Veiga (2020) afirma que nos anos 1990, legitimou-se a “Saúde Ambiental” como um ramo da saúde pública, sob a égide da Organização Mundial da Saúde (OMS). Veiga (2005) avalia que o Primeiro Relatório sobre o Desenvolvimento Humano, desenvolvido em 1990, orientou os países a refletirem a economia como um processo maior, onde o desenvolvimento não é mensurado apenas pelo viés econômico. Essa reflexão demonstra que apenas ganhos financeiros elevados não indicam o sucesso de uma nação, pois o custo

ambiental e social dos lucros obtidos deve ser pesado na equação para se obter o real resultado do desenvolvimento apresentado.

Baseados nesses conceitos, diversos países vem adotando com maior frequência atitudes sustentáveis, buscando o desenvolvimento social e econômico com a manutenção da saúde de seus meio ambientes, o que pode ser chamado de desenvolvimento sustentável. O alcance do desenvolvimento sustentável nas organizações sociais, sejam públicas ou privadas, é uma meta a ser atingida em diversas nações do mundo que entendem que o desenvolvimento atual não deve prejudicar as gerações futuras. O desenvolvimento racional, capaz de incentivar o progresso e cessar o regresso, é incentivado por inovações tecnológicas capazes de proporcionar melhorias na sociedade.

As inovações tecnológicas proporcionam melhorias sociais, econômicas e sustentáveis através da inserção no mercado de novos produtos que aprimoram o cotidiano das pessoas, bem como preservam o meio ambiente. Há diversas etapas que precisam ser cumpridas para que esses produtos sejam criados, aprovados e implementados na sociedade. Essas etapas podem ser avaliadas de acordo com a perspectiva multinível da análise sociotécnica. Carvalho (2016) afirma que a abordagem sociotécnica abrange as ações e interações dos agentes moldadas pelas instituições, normas, rotinas, hábitos comuns, práticas estabelecidas, regras e leis. De acordo com Geels (2006), a perspectiva multinível da análise sociotécnica é capaz de caracterizar detalhadamente cada etapa do processo de surgimento de inovações tecnológicas com viés sustentável, de acordo com o nível em que essas se encontram, sendo níveis micro (nicho), meso e macro. O nível micro é onde surgem as ideias que são desenvolvidas através de pesquisas e interações científicas, acadêmicas e empresariais. Gazolla (2020) afirma que nesse nível há interação constante entre os atores sociais, sendo Estado, pesquisadores, universidades, consumidores, entre outros. Por ser considerado o nível onde ocorre o surgimento da nova tecnologia, esse nível também é chamado de nicho, ou seja, berço das novas tecnologias. O nível meso é representado pelo regime vigente, sustentado por costumes, princípios e ordenamentos que sustentam as tecnologias dominantes. Brose (2018) afirma que o nível meso é formado pelo regime sociotécnico em que os agentes compartilham regras e valores, dando sustentação ao paradigma vigente. Por fim, o nível macro é composto pelo ambiente social formado por governos, empresas e cidadãos.

Mendonça, Cunha e Nascimento (2013) afirmam que esse é o nível dos cenários e das mudanças estruturais da sociedade como um todo. A partir de novas tendências sociais, geradas a partir de novas necessidades, esse nível implica mudanças no regime.

Em razão da demanda social contemporânea por inovações pautadas na sustentabilidade e no desenvolvimento sustentável, várias tecnologias sustentáveis têm surgido para o mercado, especialmente as focadas na geração de energia renovável. A teoria da análise sociotécnica explica o percurso que essas tecnologias percorrem até chegarem aos consumidores. Uma enorme necessidade social contemporânea é o fornecimento de energia elétrica sustentável para a comunidade. Diversos países têm sofrido com grandes impactos ambientais e gastos financeiros elevados para fornecerem energia elétrica para seus cidadãos, em razão do uso de tecnologias antiquadas ainda predominarem no abastecimento elétrico mundial. No Brasil não é diferente. Em território brasileiro, predominam tecnologias energéticas como as usinas hidrelétricas, seguidas pelas termoelétricas e nucleares. Todas essas modalidades de geração energética apresentam grandes impactos ambientais ligados ao desmatamento e à poluição.

Diante dessa situação, há a necessidade de mudança. Segundo Couto e Silva (2014), o Brasil tem atuado pela inserção de fontes de energia renováveis na matriz elétrica, visando diminuir o uso de fontes fósseis e de hidroeletricidade, aumentando a segurança energética. Uma dessas fontes é a energia fotovoltaica, comumente conhecida como energia solar. Segundo Melo *et al.* (2018), o aproveitamento da energia solar representa uma das alternativas energéticas mais promissoras no combate aos desafios energéticos do novo milênio. Atualmente, o Brasil está se engajando para que a quantidade de uso da energia solar, atualmente baixa, desponte para beneficiar os cidadãos, o meio ambiente e a economia desse país.

De acordo com Epe (2017 apud ROCHA *et al.*, 2018), apesar de ser um país com alto potencial solar, o Brasil apresenta um índice de menos de 1% de energia solar na sua matriz energética. Porém, o autor ressalta que dentre as fontes renováveis, apesar da fotovoltaica ser a que possui a menor capacidade instalada, foi a que mais cresceu no Brasil nos últimos anos. A Agência Nacional de Energia Elétrica, também conhecida como ANEEL, (2017 apud OLIVEIRA; AGUIAR SODRÉ, 2018) afirma que entre o período de 2015 a 2017 o número de Mini e Microgeração

solar distribuída no Brasil teve um rápido crescimento com aproximadamente 6.188 novas conexões registradas na ANEEL. Com o aumento de políticas governamentais que incentivam o uso da energia solar, a tendência é que esse número aumente a cada ano.

Os benefícios da energia solar são consideráveis para a economia, meio ambiente e sociedade brasileira. Do ponto de vista econômico, o custo de implementação da energia solar é baixo, em razão do custo do material estrutural e dos incentivos do Estado brasileiro para a instalação. Em razão disso, muitas empresas, residências e órgãos públicos estão adotando esse tipo de energia para economia de gastos. Além disso, há possibilidade de converter o excedente de energia produzida em créditos financeiros. A ANEEL (2012 apud BERQUO; SOUZA; FRANCA, 2018) aponta que a legislação permite que o consumidor pode gerar e receber crédito pela disponibilização do excedente de energia para a distribuidora. Ainda, Serban e Marinescu (2014 apud ALVES *et al.*, 2018) apontam que a tecnologia empregada na fonte fotovoltaica permite o monitoramento, supervisão e gerenciamento de toda a produção e consumo, fornecendo a maximização da geração e transporte de energia, evitando desperdícios. Ademais, Cristóvam, Silva e Sanmiguel (2020) afirmam que a energia solar pode baratear os custos de geração energética para distribuição em larga escala, seja pela produção em grandes unidades geradoras (usinas fotovoltaicas), seja pela produção pulverizada em micro ou minissistemas (residenciais ou prediais) para consumo próprio.

Do ponto de vista ambiental, além da energia solar não ser poluente e não gerar degradação do meio ambiente ao seu redor, ressalta-se que não só o Brasil, mas todos os países do mundo são bastante propícios ao uso da energia solar. Segundo Medeiros, Villalva e Siqueira (2018), a energia solar tem um potencial importante na matriz energética mundial, visto sua abundância e ampla disponibilidade na superfície terrestre. Mesmo em áreas não localizadas nos trópicos, onde predominam climas mais quentes, a tecnologia fotovoltaica contemporânea é capaz de captar raios solares para a geração de energia elétrica. No caso do Brasil, um país tropical, a incidência de raios solares é enorme, o que facilita a captação desse tipo de energia e sua conversão em eletricidade capaz de chegar a todos os territórios do país, inclusive locais mais ermos. Segundo Cabral (2013 apud OLIVEIRA *et al.*, 2013), além de ser detentor de uma das maiores reservas de silício no mundo,

o qual é utilizado para a fabricação de painéis solares, no Brasil o Sol aparece em média 280 dias por ano e a média anual de irradiação solar é enorme.

No viés social, a energia fotovoltaica é capaz de entregar energia elétrica para diversas comunidades espalhadas pelo Brasil. Todo o território brasileiro tem grande incidência de raios solares, então até mesmo comunidades desprovidas de energia elétrica podem se beneficiar desse tipo de energia e finalmente ingressarem na era da eletricidade. Um Estado que se preocupa com essas questões e atua de forma sustentável para prover as necessidades sociais, inspira seus cidadãos a tomarem condutas semelhantes. Brammer e Walker (2011 apud CRISTÓVAM; SILVA; SANMIGUEL, 2020) afirmam que o Estado tem um papel relevante na sociedade, capaz de influenciar o comportamento de seus cidadãos. O uso de uma energia limpa, tem a função social de educar a atual e as próximas gerações a adotarem condutas sustentáveis que beneficiem todos e não apenas um determinado grupo social.

Através de uma gestão sustentável, baseada no uso de tecnologias que proporcionem benefícios sociais, ambientais e econômicos, o Estado pode influenciar a sociedade a adotar condutas sustentáveis no cotidiano. Segundo Lira (2013), para o cumprimento de demandas sustentáveis, as organizações necessitam de novas metodologias de gestão que assegurem a percepção da relevância de sua função social pela sociedade. Ainda, Phan e Bird (2015 apud DICKEL *et al.*, 2016) afirmam que o sistema de gestão de uma organização, é a base para o estabelecimento de um método de gerenciamento que vise a melhoria contínua dos resultados e promova o desenvolvimento sustentável. As universidades públicas sempre se destacaram por serem vanguardistas na propagação de educação e conhecimento, contribuindo diretamente e indiretamente na elaboração e disseminação de atitudes e tecnologias capazes de introduzir novos comportamentos sociais. Perez (2006) afirma que a ciência é fonte geradora de conhecimento e a tecnologia é a aplicação desses conhecimentos, o que estabelece um elo entre ciência e tecnologia. A forma com que essas instituições são geridas é essencial para que a sustentabilidade seja alcançada e propagada para outras áreas sociais.

Nesse contexto, determinada universidade pública brasileira iniciou um projeto direcionado à instalação e utilização da energia fotovoltaica em um de seus campus universitários. Através da instalação de estruturas fotovoltaicas no estacionamento e no terraço de algumas edificações desse campus, a universidade

pública está produzindo energia limpa capaz de gerar economia financeira e inspirar à sociedade a adotar medidas que fomentem o desenvolvimento sustentável. Essa universidade tornou-se um ambiente ideal para o desenvolvimento da presente dissertação, em razão da sua gestão baseada em conceitos sustentáveis, especialmente na adoção da energia solar. Atuando dessa forma, a universidade pública gera diminuição de custos financeiros, maior preocupação com o meio ambiente e disseminação de novos padrões sociais pautados na sustentabilidade, o que compõem o tripé do desenvolvimento sustentável. Assim, essa dissertação buscou a elucidação do desenvolvimento e da implementação da energia solar no ambiente de uma universidade pública brasileira a partir da perspectiva multinível da análise sociotécnica desenvolvida por Geels (2006, 2013). A discussão foi focada no processo da transição de tecnologias do regime então dominante, composto pelo fornecimento padrão de energia elétrica através de concessionária pública, para o sistema inovador e autossuficiente proporcionado pela energia fotovoltaica, desenvolvida pelos nichos tecnológicos. Buscou-se entender as diferentes etapas, atores, barreiras e incentivos que proporcionaram a implementação de um novo ambiente tecnológico, para dessa forma direcionar uma proposta de produto técnico que possa auxiliar o desenvolvimento e aplicação da energia fotovoltaica nas universidades públicas.

1.2 Problematização

Os constantes desafios contemporâneos sociais, ambientais e econômicos que circundam a sociedade brasileira, inclusive os órgãos públicos, inspiram que nichos tecnológicos produzam tecnologias capazes de modificar o regime dominante através do desenvolvimento sustentável. Segundo, Moran (1995, n.p.), “Cada inovação tecnológica bem sucedida modifica os padrões de lidar com a realidade anterior, muda o patamar de exigências do uso”. Através dessa mudança de conceitos é possível aprimorar a capacidade financeira e social, bem como ambiental, do órgão público que resolve inovar e quebrar paradigmas que acorrentam o surgimento de novos processos sustentáveis.

A inovação gerada no ambiente das universidades públicas através da pesquisa, implementação e uso da energia solar proporciona benefícios para toda a

comunidade acadêmica e profissional dessas instituições, assim como inspira a população brasileira a ter maior preocupação com a natureza. Bañon Gomis *et al.* (2011 apud FEIL; SCHREIBER, 2017) explicam que a humanidade deve alterar seus valores, comportamentos pessoais e institucionais, especialmente nas relações com o planeta. Com o uso de fontes e tecnologias renováveis, bem como sustentáveis, as pessoas adquirem a percepção de que é possível evoluir economicamente e socialmente sem a destruição dos recursos naturais e passam a entender o desenvolvimento sustentável e a prezar pelas próximas gerações.

O desenvolvimento de processos e a interação de atores envolvidos na transição tecnológica para mecanismos sustentáveis requerem a mudança de comportamento institucional. De acordo com Barbieri *et al.* (2010), é necessário substituir os meios e as práticas antigas por outras que traduzam os princípios, objetivos e diretrizes do novo movimento, para que sejam consolidados novos parâmetros sociais. Através da perspectiva multinível, o surgimento de um novo regime dominante, capaz de influenciar o ambiente social, é balizado pela formação de nichos tecnológicos que difundem novos produtos, processos, estruturas, conhecimentos e práticas, consolidados em diretrizes administrativas e regramentos legais. Segundo Carvalho (2016), a partir da abordagem multinível, multiator e multifase da transição sociotécnica, é possível identificar os atores, processos, atividades, elementos, redes, nichos e a legitimação do surgimento de inovações tecnológicas. Para a compreensão desse processo, há a necessidade da análise das etapas que relacionam todas essas figuras e possibilitam o surgimento e a consolidação de novas tecnologias na sociedade.

Diante do presente contexto, essa dissertação analisou a trajetória da implementação da energia solar no âmbito de uma universidade pública brasileira ao elucidar: **Como se desenvolveu a aplicação de energia fotovoltaica em uma universidade pública brasileira a partir da abordagem da transição sociotécnica (multinível, multifases e multiatores)?**

1.3 Objetivos da Pesquisa

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a implementação da energia fotovoltaica em uma universidade pública brasileira pela abordagem multinível, multifase e multiatores da transição sociotécnica.

1.3.2 Objetivos Específicos

a) Analisar a trajetória de desenvolvimento e aplicação da energia fotovoltaica em uma universidade pública brasileira;

b) Identificar os atores e suas atribuições que auxiliam na aplicação e utilização da energia fotovoltaica em uma universidade pública brasileira;

c) Analisar as dimensões multiníveis (micro, meso e macro) que interferem no desenvolvimento e aplicação da energia fotovoltaica dentro de uma universidade pública brasileira;

d) Compreender a partir da teoria da transição sociotécnica, como se relacionam e coevoluem os multiatores e os multiníveis (micro, meso e macro) na trajetória de desenvolvimento e aplicação da energia fotovoltaica (multifases);

e) Propor um produto técnico para gerenciamento de instruções para auxiliar a implementação de energia fotovoltaica em instituições públicas de ensino superior.

1.4 Justificativa

As instituições públicas vêm implementando nos últimos anos a geração de energia fotovoltaica como forma de gerar economia aos cofres públicos, bem como contribuir com os valores de sustentabilidade que vêm sendo disseminados no país. Os gastos públicos com energia elétrica sempre foram elevados devido ao tamanho da máquina pública, porém nos últimos anos esses valores continuaram crescendo em um momento que a economia do país está instável.

Há a necessidade de criação de alternativas para contribuir com a economia no setor público. Foi detectado que a energia fotovoltaica gera uma economia

substancial nos gastos públicos, portanto esse modelo de energia vem sendo adotado nesse âmbito. Ainda, a utilização de energia sustentável pelo Estado contribui com a difusão social de conceitos sustentáveis, gerando o desenvolvimento de uma sociedade economicamente, ambientalmente e socialmente justa.

Com o presente trabalho, foi possível identificar as transformações ocorridas em uma instituição de ensino superior pública brasileira que adotou a geração de energia solar. Foram demonstrados os pontos que foram melhorados e alguns pontos que ainda podem ser corrigidos, com o intuito de demonstrar como essa nova forma de energia impacta nos gastos públicos e no meio ambiente. Para isso foi aplicada a Teoria da Análise Sociotécnica (multinível), que demonstra a inovação desse produto no mercado desde sua concepção até sua aplicabilidade.

Foram identificados os atores responsáveis, bem como as fases em que se encontra a implementação da energia solar na instituição de ensino superior pública analisada. Dessa forma, foi possível entender melhor os processos, incentivos e barreiras existentes. Os resultados obtidos poderão ser utilizados por profissionais de gestão pública de universidades públicas brasileiras que desejam verificar a viabilidade e os benefícios da instalação e uso desse tipo de geração de energia.

Ainda, esse trabalho poderá ajudar as universidades públicas que já adotaram a energia fotovoltaica na identificação de problemas que ainda podem ser melhorados, bem como na obtenção de feedbacks do que tem funcionado com excelência. Esse estudo poderá servir de subsídio para novas pesquisas, possibilitando que o conhecimento desse tema seja amplamente difundido e sirva de base para sugestão de ações que alavanquem o potencial de disseminação dessas novas tecnologias.

1.5 Delimitação da pesquisa

Foram analisados os processos envolvidos na implementação da energia fotovoltaica, realizada em uma instituição pública de ensino superior brasileira. As universidades públicas primam por sua função social realizada através do ensino, pesquisa e extensão, capaz de motivar mudanças positivas na sociedade, através da geração de conhecimento, cultura e tecnologia. Sempre buscando aprimoramentos capazes de impactar na qualidade de vida das pessoas, a universidade analisada tem buscado formas sustentáveis de atuação social, econômica e ambiental, o que

motivou o pesquisador, a escolher essa instituição de ensino superior pública como seu local de pesquisa. Através de análise de documentos foi possível averiguar informações qualitativas, como as etapas percorridas, atores envolvidos, benefícios e barreiras dessa transição para uma tecnologia capaz de fornecer energia elétrica pautada na economicidade, sustentabilidade e bem estar social.

A abordagem da sustentabilidade, bem como do desenvolvimento sustentável, através do uso da energia solar, dá-se em razão do constante aumento de exigências sociais frente aos atuais desafios relacionados ao uso ponderado de recursos ambientais, combate à poluição e destruição do meio ambiente, adoção de energias limpas, preocupação com economicidade e consolidação do bem estar social. A escolha de uma universidade pública como campo de pesquisa está relacionada à iniciativa que esses órgãos públicos detêm para inovar o regime elétrico dominante, incentivando padrões sociais mais benéficos atrelados ao uso da tecnologia fotovoltaica.

1.6 Estrutura do trabalho

Para fins de atendimento das propostas desse estudo, a presente dissertação divide-se em seis capítulos.

No primeiro capítulo, é apresentada a introdução, composta pela contextualização da temática de estudo, bem como pela problematização, objetivos, justificativa e delimitação de pesquisa.

No segundo capítulo, onde é apresentado o referencial teórico, aborda-se a fundamentação teórica que embasou a presente dissertação, composta pelas temáticas da inovação e análise sociotécnica e multinível, sendo essa última subdividida em nível micro, nível meso e nível macro. Ainda são explicitados os temas de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, energia fotovoltaica e gestão sustentável.

O terceiro capítulo aborda os procedimentos metodológicos utilizados para a consecução da presente pesquisa, incluindo os procedimentos de coleta e análise de documentos.

O quarto capítulo destina-se à análise dos dados obtidos com o alcance de resultados que elucidam o questionamento e alcançam os objetivos da presente pesquisa.

No quinto capítulo são realizadas as considerações finais da presente pesquisa onde evidencia-se as conclusões obtidas e o fornecimento de sugestões do autor.

Por fim, no sexto capítulo são elencadas as referências que serviram como base para a elaboração da presente pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Foram realizados levantamentos bibliográficos referentes à temática de inovação sociotécnica associada ao uso da energia fotovoltaica. De acordo com Marconi e Lakatos (2002), a pesquisa bibliográfica é um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema. A revisão sistemática de bibliografia foi realizada através do uso de técnicas de busca sistematizada, viabilizando um compilado de informações, evidências e reflexões críticas sobre a temática. Segundo Sampaio e Mancini (2007):

Uma revisão sistemática, assim como outros tipos de estudo de revisão, é uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema. Esse tipo de investigação disponibiliza um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada. (SAMPAIO; MANCINI, 2007, p. 84).

Foram selecionados periódicos nacionais e internacionais baseados nas temáticas de inovação sociotécnica, energia fotovoltaica e análise multinível, sem delimitação de período, através das plataformas Directory of Open Access Journals, Science Direct e Scientific Electronic Library Online (SciELO). Obteve-se 46 artigos que tratam dos temas desejados e esses serviram como base para a análise sistemática de literatura.

Os dados obtidos através do levantamento bibliográfico foram de suma importância para embasar a presente pesquisa com informações sobre inovação, análise sociotécnica e multinível, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, energia fotovoltaica e gestão sustentável.

2.1 Inovação

O estudo da inovação aponta os novos direcionamentos seguidos pelas empresas e entidades públicas na busca da melhoria de seus serviços. Constantemente surgem novas demandas no mercado, em razão da existência de um cenário cada vez mais competitivo, globalizado e tecnológico. As empresas e

entidades públicas que não evoluem seus conceitos para atenderem as novas exigências da sociedade, correm sérios riscos de se tornarem ineficazes ou até mesmo serem extintas. Em contrapartida, os órgãos públicos e empresas que se adaptam aos novos conceitos sociais estão e estarão aptos a prestarem serviços com excelência. Sobre o tema, é importante considerar que:

A inovação realmente faz uma grande diferença para empresas de todos os tipos e tamanhos. A explicação é bastante simples: se não mudarmos o que oferecemos ao mundo (bens e serviços) e como os criamos e ofertamos, correremos o risco de sermos superados por outros que o façam. (BESSANT; TIDD, 2019, p. 4).

A inovação está intimamente ligada à constante evolução da tecnologia. Os estudos de Guarany Gomes e Ana Lúcia Atrasas (2006, p. 13) demonstram que “A competitividade pela conquista de mercados requer a utilização de novas tecnologias para aumentar a produtividade, melhorar a qualidade dos produtos e serviços e reduzir custos.”

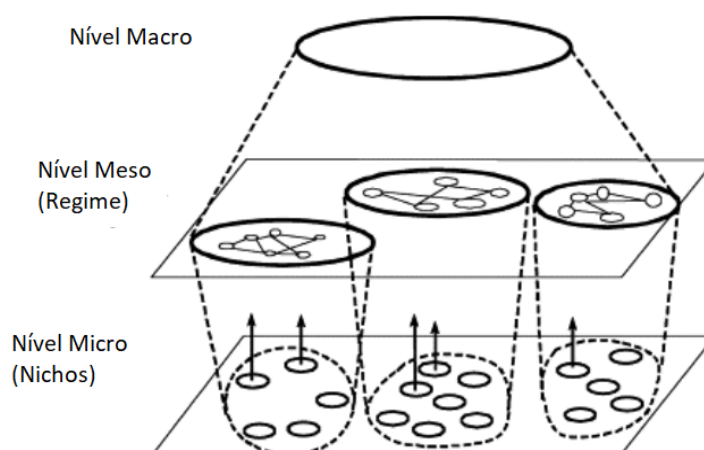
A inovação praticada pelos órgãos públicos e empresas privadas na prestação de seus serviços, além de elevar os níveis de eficácia e qualidade de suas atividades, também pode atender demandas atreladas à questões sociais. Em tempos de elevados índices de problemas ambientais, o tema da vez é a sustentabilidade das ações desses sujeitos no mercado. Nesse sentido, José Carlos Barbieri *et al.* (2010, p. 147) afirmam que “O movimento pelo desenvolvimento sustentável parece ser um dos movimentos sociais mais importantes deste início de século e milênio”. Softwares que substituem elevados números de processos físicos de papel, lâmpadas de led e painéis solares que auxiliam na geração de energia, produtos fabricados com materiais reciclados, entre outras ações sustentáveis, fazem com que as entidades públicas e privadas ganhem o respeito e maior adesão do mercado.

2.2 Análise Sociotécnica e Multinível

O conteúdo do item 2.2 e seus subitens, também está presente em Vieira *et al.* (2021), artigo científico do autor em parceria com outros pesquisadores, elaborado durante a fase de estudos do autor sobre o tema da presente dissertação. A teoria sociotécnica da inovação analisa o processo de transição das novas tecnologias e

produtos entre diferentes níveis, conforme esclarece Geels (2006). Segundo Carvalho (2016), a abordagem sociotécnica analisa as mudanças tecnológicas, institucionais, econômicas, culturais, ambientais e sociais através uma perspectiva multinível, multiatores e multifases. Os níveis são compostos pelo nível micro ou nicho, nível meso, que é relacionado à mudança do regime sociotécnico, e o nível macro, que alia a mudança da tecnologia a nível global. De acordo com Geels e Schot (2007 apud MENDONÇA; CUNHA; NASCIMENTO, 2013), a perspectiva multinível, que envolve interações entre os três níveis, gera um ciclo de inovações através do surgimento das inovações nos nichos, que geram mudanças no nível do regime e a desestabilização do regime cria janelas de oportunidades capazes de gerarem mais inovações nos nichos.

Figura 1 - Níveis sociotécnicos de acordo com a perspectiva multinível de Geels



Fonte: Geels (2002)

A perspectiva multinível ajuda na compreensão da transição de tecnologias na sociedade. As novas tecnologias são criadas através das exigências sociais contemporâneas, capazes de mudar práticas e comportamentos sociais. Segundo Geels (2011 apud SILVA, 2014), as transições demonstram como as práticas vêm sendo desenvolvidas, como elas estão se estabilizando e como as práticas estabelecidas desaparecem, exigindo a criação de novos comportamentos. Uma grande exigência social da atualidade é a preservação do meio ambiente aliado ao desenvolvimento econômico e social, ou seja o desenvolvimento sustentável. O estudo do desenvolvimento de tecnologias sustentáveis aborda uma ampla gama de

possibilidades de entender qual é a trajetória tecnológica importante e necessária para que uma inovação pautada no desenvolvimento sustentável possa ser definida no regime dominante do mercado. Dentre as inovações tecnológicas relacionadas à sustentabilidade, há um enorme estudo e desenvolvimento das fontes energéticas renováveis, especialmente da energia fotovoltaica. Através do estudo da energia solar pela perspectiva multinível, é possível compreender o processo de desenvolvimento e implementação dessa tecnologia na sociedade e entender os atores envolvidos no processo, os estímulos, as barreiras e as janelas de oportunidades que foram e são importantes na trajetória dessa nova tecnologia.

2.2.1 Nível Micro (Nichos)

A teoria da análise sociotécnica é baseada em uma perspectiva múltipla compreendida entre os níveis micro, meso e macro. De acordo com Geels (2013), crises que ocorrem no nível macro demandam novas soluções que atenderão as necessidades do mercado. O nível micro, também conhecido como “nicho”, é onde o processo de pesquisa e elaboração das inovações é realizado. O nicho atende as demandas do nível macro (sociedade), fornecendo novos produtos que vão atender as novas necessidades sociais. Gross *et al.* (2018), Santos Carstens e Cunha (2019) abordam que o nicho ainda serve como um nível de proteção para as inovações criadas, pois elas permanecem nesse nível enquanto não for o momento correto da difusão no mercado através de mudanças culturais, legais e sociais. Para Kemp *et al.* (1998 apud BRADSHAW; JANUZZI, 2019) e Schot e Geels (2008 apud BRADSHAW; JANUZZI, 2019), os “nichos” têm um papel importante na aprendizagem e mudança tecnológica, pois o principal objetivo do nível micro é permitir que os atores experimentem e formem expectativas sobre novas tecnologias.

Com o crescente aumento populacional no mundo, a demanda energética tem crescido bastante e é necessário investirmos em novas formas de fornecimento energético baseados na sustentabilidade. Leon Barido, Avila e Kammen (2020) apontam que as inovações de nicho são responsáveis pela descarbonização da energia em razão da produção de tecnologias disruptivas, apoiadas pelos novos ideais sustentáveis. Alassi *et al.* (2019) afirmam que é previsto que a geração de energia elétrica por fontes renováveis deverá ser próxima de 51% da geração total até

2040. Balta-Ozkan, Watson e Mocca (2015) também abordam que a geração de energias sustentáveis é o caminho a ser trilhado e ainda afirmam que o preço da energia elétrica no atual modelo tem gerado custos altos aos países que ainda não migraram para modelos energéticos sustentáveis. Através de estudos e pesquisas desenvolvidas em diversos países do mundo, o nível micro, incentivado por governos, livre iniciativa e academia, conseguiu promover fontes sustentáveis de energia, incluindo a fotovoltaica, ao redor do mundo.

Lehtonen e Kern (2009 apud CLOKE; MOHR; BROWN, 2017) chamam a atenção para a importância da existência de interação entre atores que visa o incentivo de inovações energéticas no nível micro, ao afirmarem que o conceito de transições sociotécnicas do nicho deve ser exercido dentro do contexto de um espaço relativamente protegido da comunidade, onde os atores do projeto podem desenvolver e cultivar coletivamente novas formas de energia. Clausen e Fichter (2019) afirmam que na Alemanha, o nicho além de ser composto pelas empresas inovadoras, também é representado pela população civil, em razão da cultura social sustentável que influenciou a população alemã através de inovações empresariais. Korjonen-Kuusipuro *et al.* (2017) reforça esse argumento ao afirmar que organizações e indivíduos raramente inovam sozinhos e são cada vez mais dependentes nas redes de inovação. Klein e Coffey (2016) opinam nesse sentido ao afirmarem que projetos de energia elaborados pela própria comunidade podem apoiar a difusão das novas ferramentas na sociedade.

Essa interação pode ser vista na América Latina, especificamente no Peru, onde foi criado o Fundo de Inclusão Social Energético para solucionar os problemas de energia desse país. Esse fundo fomenta a pesquisa e é amparado pelo governo peruano, iniciativa privada e população, todos em busca de inovações energéticas. Segundo Banal-Estañol, Calzada e Jordana (2017), o FISE busca expandir a cobertura energética em todo o país, desenvolver mecanismos de compensação para consumidores residenciais e promover tecnologias renováveis, incluindo painéis solares, para geração de eletricidade. A interação de sociedade com governo e livre iniciativa é muito importante para a geração de novos produtos que atenderão o mercado.

O engajamento da iniciativa privada para inserção de novos produtos sustentáveis no mercado é fator determinante para a quebra de paradigmas. Segundo

estudos de Saether, Isaksen e Karlsen (2011), ficou demonstrado que a inovação dos sistemas energéticos renováveis da Noruega evoluiu em parte como um processo auto-organizado entre indústria e academias do conhecimento. O estudo demonstra que as indústrias que utilizam recursos sustentáveis, como energia fotovoltaica, em algum momento de seu ciclo de vida trocaram a “zona de conforto” para o investimento em novas tecnologias pautadas na inovação. Hoje, a indústria fotovoltaica norueguesa é modelo para indústrias de outros países. Cooke (2011) agrega essas ideias ao afirmar que a abordagem sociotécnica indica que as inovações de nicho emergem em um mercado competitivo que demanda inovações.

Como acontece na indústria fotovoltaica norueguesa, o uso da energia solar pode ser replicado por vários organismos multinacionais com influência internacional. Com isso, as barreiras culturais, sociais, políticas e econômicas de vários países, podem ser quebradas pela ação da inovação desses entes. De acordo com as ideias de Bauer e Fuenfschilling (2019), a ruptura com a lógica do regime é um dos principais pontos de alavancagem para permitir uma transição sociotécnica. A quebra de barreiras nem sempre é fácil, pois muitas vezes o uso de algum recurso poluente já está enraizado na cultura de determinadas indústrias. A indústria química, historicamente se estabeleceu com a produção de corantes a base de carvão, incentivando a exploração de carvão em demasia. Porém, mudanças sustentáveis, praticadas em uma subsidiária de uma multinacional química localizada na Suécia, influenciaram mudanças de comportamento na sociedade sueca e inspirou que outras subsidiárias da mesma multinacional adotassem essas medidas em outros países, demonstrando a importância da livre iniciativa nos processos de inovação. Segundo Geels (2018) e Berkhout *et al.* (2010), a inovação que ocorre dentro das empresas, gera aprendizado também para o público consumidor, instituições legais e financeiras, entre outras figuras sociais.

A política ativa do Estado também é de extrema importância para que as iniciativas sustentáveis sociais e empresariais possam surtir efeito. De nada adianta serem propostas mudanças, se um ente político responsável pelo direcionamento social reprovar as inovações sustentáveis e persistir no uso de condutas poluentes e destrutivas. Hillman e Sandén (2008), Akizu *et al.* (2017), Quist e Tukker (2013), Power *et al.* (2016), Osunmuyiwa e Kalfagianni (2017) abordam a participação do governo na elaboração de políticas públicas que viabilizam a criação de energias sustentáveis

e afirmam que as constantes pressões sociais fazem que os governos busquem, juntamente com a academia e iniciativa privada, novas formas de fornecimento de energia que atendam aos novos anseios sociais. Santos Carstens e Cunha (2019) ressaltam a importância do Estado como figura do setor energético ao afirmarem que esse setor no Brasil é caracterizado pela forte presença estatal na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica para a população. Ainda no Brasil, especificamente no estado de Pernambuco, o governo atuou positivamente para o desenvolvimento de fontes sustentáveis de energia associadas à universidade desse estado e ao fornecimento de feedback para políticas energéticas nacionais (BRADSHAW; JANUZZI, 2019).

Ainda nesse sentido, o estado de São Paulo experimentou a introdução de aquecimento solar nos sistemas de água nas habitações sociais e, na Alemanha, de acordo com Frank *et al.* (2018), regulamentos municipais criam regras juridicamente vinculativas para procedimentos de aprovação e planos de uso da terra para parques de energia solar. Segundo Kivimaa *et al.* (2017), as transições sociotécnicas importantes exigem mudanças relacionadas à política que engloba a governança. Delina (2018) destaca a influência positiva da mudança de postura de diversos governos, destacando a geração do Acordo de Paris sobre mudanças climáticas, que apela para uma transição energética por níveis, ocorrendo do local ao subnacional, do nacional ao internacional.

A academia também exerce papel crucial para o desenvolvimento de cultura e de novas tecnologias sustentáveis no “nicho”. Segundo uma pesquisa realizada por Ntona, Arabatzis e Kyriakopoulos *et al.* (2015), a educação pautada em conceitos sustentáveis está cada vez mais presente nas atuais gerações ao redor do mundo. A abertura de portas para a sustentabilidade influencia os estudantes a seguirem carreira científica para elaborarem novas tecnologias baseadas em conceitos sustentáveis, que modificarão a sociedade através de novos comportamentos sociais. Foi na pesquisa que surgiu a inovação energética fotovoltaica, através da necessidade social de obtenção de formas “limpas” e econômicas de energia. Ling-Zhi *et al.* (2018), Padmanathan *et al.* (2019), Sovacool (2016), Riva *et al.* (2018), Rizzi, van Eck e Frey (2014), Carvalho (2016), Silveira e Cunha (2020), Hossain *et al.* (2016), Baloch *et al.* (2019), Bhatt e Singh (2020) abordam em seus trabalhos sobre a grande contribuição social que a academia e pesquisadores têm realizado com as inovações energéticas,

inclusive a modalidade fotovoltaica, cada vez mais presente em diversas nações. Essa tecnologia já está modificando mercados, leis, estruturas e culturas sociais. Para Geels (2005 apud ARAÚJO, 2014), as tecnologias disruptivas coevoluem com mudanças nos mercados, regulamentos, infraestrutura, práticas do usuário, indústrias, cultura e compreensão científica.

Para a pesquisa ser desenvolvida, além dos estudos, há necessidade dos projetos se adaptarem aos anseios sociais e quebrarem as políticas atuais. Para Stilgoe, Owen e Macnahten (2013), a ciência tem sido convencionalmente invocada pela política como emancipatória, e isso permitiu a cientistas e inovadores uma considerável liberdade de responsabilidade política. A partir do momento que os estudos acadêmicos e científicos induzem a livre iniciativa e o Estado a mudarem seus comportamentos, como por exemplo a inclusão da sustentabilidade em suas gestões, o tripé formado por esses atores consegue de maneira eficaz elaborar inovações no “nicho” que atenderão as novas demandas sociais.

2.2.2 Nível Meso (Regime)

A teoria sociotécnica analisa o processo de transição nos diferentes níveis, conforme esclarece Geels (2006). Nesse sentido, o nível meso é relacionado à mudança do regime sociotécnico e ao ambiente em que as organizações e atores estão inseridos, os quais interferem no desenvolvimento de tecnologias voltadas para o uso de energia solar.

Tendo em vista a abordagem sociotécnica, buscou-se com a análise do nível meso, entender como as diferentes forças da coevolução influenciam o ambiente técnico e social. Isso porque a energia solar requer mudanças no regime, que influenciarão na transição para que essa nova forma de tecnologia seja dominante.

De forma geral, percebe-se que a energia solar ainda não faz parte do regime dominante, apesar de possuir avanços significativos, como a criação de leis ou diretrizes que a incentivam. O interesse por essa tecnologia está crescendo em razão das ampliações do entendimento cultural, ambiental e político da importância da preservação ambiental e do uso de energias renováveis.

Os autores Banal-Estañol, Calzada e Jordana (2017) discutem sobre como as mudanças climáticas ocasionadas pelo uso elevado de combustíveis fósseis e a

necessidade de preservação do meio ambiente incentivam o uso da energia solar no regime. Ainda segundo os autores, algumas janelas de oportunidades para a disseminação da energia solar estão diretamente ligadas à ambientes rurais, devido a inexistência de barreiras arquitetônicas. Os campos acabam recebendo diretamente a luz solar e, portanto, a instalação de painéis fotovoltaicos têm uma maior eficiência, captação e distribuição de energia. Nesse mesmo sentido Araújo (2014) cita regulamentos que determinam a forma com que essa tecnologia inovadora vai ser inserida no mercado atual, com o intuito da promoção da sustentabilidade.

Com a necessidade de vários países diminuírem o impacto ambiental, Alassi *et al.* (2019) chamam a atenção para a janela de oportunidade que consiste em vários países estarem alinhados para o controle de desperdício de energia e preservação ambiental. O autor também menciona que o continente africano tem facilidades para a implementação da energia solar devido às suas condições climáticas e posição geográfica, podendo suprir sua necessidade e a demanda de outros locais em energia. Ainda referente ao continente mencionado, Riva *et al.* (2018) expõe os benefícios dessa fonte de energia para famílias rurais, que obtiveram melhorias na saúde desde que foi estabelecida a energia elétrica na Namíbia. Outro exemplo abordado pelo autor é o Quênia, local em que crianças em residências com o sistema fotovoltaico, tem mais acesso a luz elétrica para estudar. Já no distrito indiano, em Dahod, houve uma melhoria na economia referente aos custos de energia. Além da África e Índia, o Brasil também é citado, como um país com posição geográfica favorável e um clima propício para o desenvolvimento de energia solar, pois o país apresenta alta incidência de raios solares durante o ano todo (SANTOS CARSTENS; CUNHA, 2019). Esse ponto demonstra como a questão geográfica também influencia o regime dominante.

Balta-Ozkan, Watson e Mocca (2015) explanam sobre a difusão da energia solar em residências pela fácil instalação e adaptação. Outro ponto levado em consideração pelos autores é a baixa emissão de carbono para a atmosfera. As políticas públicas em parceria com as universidades também são consideradas significativas para a mudança do regime sociotécnico. Frank (2018) afirma que é necessário haver incentivos para novos produtos inovadores a nível mundial, para que haja a transição para novas fontes energéticas. Ainda, Andersen e Markard (2020) ponderam que o uso de energias renováveis abre novas oportunidades para o

desenvolvimento e criação de tecnologias mais eficientes e sustentáveis como por exemplo, armazenamento distribuído (baterias estacionárias e veículos elétricos). Outro fato constatado, foi a implementação de painéis solares em redes de linhas telefônicas (GROSS *et al.*, 2018).

Existem alguns elementos fundamentais para que os grandes líderes consigam administrar um país, com o objetivo de aumentar a eficiência governamental. Deve-se controlar os custos e moderar as despesas com intenção de gerar uma boa economia. Para Never e Betz (2014), o crescimento econômico está ligado a gestão climática. Padmanathan *et al.* (2019) propõem uma análise sobre o compromisso atual da Índia para melhorar sua economia, evidenciando que essa está relacionada entre a mudança do nível político e a aceleração do uso de energias renováveis. Ademais, levanta a importância de haver controles sobre os gastos com energia. Por fim, os governos pautados na sustentabilidade buscam por iniciativas para uma transição rumo a sistemas energéticos com baixo teor de carbono (AKIZU *et al.*, 2017; BHATT; SINGH, 2020).

De acordo com Oliveira *et al.* (2013), um ponto importante a ser levado em consideração é a economia verde, a qual prioriza o desenvolvimento de transportes, gerenciamento urbano, edifícios, gerenciamento de água e bem estar. Saether, Isaksen e Karlsen (2011) constatam que para a melhoria da economia dos países, será necessária a disseminação de conhecimento sustentável para o mundo através da utilização de energia renovável por meio de políticas governamentais. Nesse sentido, Dopfer, Foster e Potts (2004) apresentam a mesoeconomia, como uma área importante para entender o desenvolvimento da energia solar no nível meso, por estudar as análises econômicas durante o estado evolutivo, descrever o que está mudando nos nichos, ou analisar empecilhos, gatilhos e incentivos para a consolidação das novas tecnologias nos nichos.

Além disso, Rizzi, van Erk e Frey (2014) indicam a existência de políticas que impulsionam e instigam a inovação pela criação de novos nichos de mercado, como por exemplo, a energia solar orgânica, sendo esta uma janela de oportunidade para um novo nicho de desenvolvimento. Conforme Baloch *et al.* (2019), uma oportunidade de avaliação econômica para qualquer decisão tomada pelo governo, requer impostos para atrair investimentos sobre o nicho, logo, uma alternativa para a consolidação de energias renováveis no regime meso é o reembolso dos investidores. Nesse sentido,

Osunmuyiwa e Kalfagianni (2017) demonstram que os investimentos de empresas privadas podem ajudar no crescimento da economia.

É sabido que nos dias atuais existe uma demanda nacional e global em produzir eletricidade gerando o menor impacto ambiental possível. Santos Carstens e Cunha (2019) relatam a importância das ações políticas governamentais que envolvem o setor privado, bancos, instituições e agências, em desenvolver o crescimento de energias sustentáveis, como a solar. Esses autores demonstram como exemplo o Brasil, onde encontram-se grandes reservas de silício, que é um material indispensável na produção de energia solar. Além disso, esse país possui uma grande área de incidência solar. Geels (2018) evidencia a cooperação entre empresas já fixadas no mercado atual e empresas emergentes que visualizaram oportunidades de atuação com produtos que consigam inovar ou modificar o mercado atual e o comportamento social. Um exemplo mencionado por Carvalho, Silveira e Cunha (2020) foi a parceria de empresas com a Companhia Paranaense de Energia (COPEL). Outro exemplo, exteriorizado por Power *et al.* (2016), foi a aliança entre iniciativa privada com o setor de eletricidade em Moçambique e África do Sul, principalmente o de energia eólica, energia solar fotovoltaica e energia solar concentrada.

O engajamento social pode impulsionar a concretização da energia solar em diversos países, como menciona Delina (2018), que enfoca o estado não democrático da Tailândia e a busca, através de grupos sociais, pelo uso da energia solar por ser uma alternativa mais econômica e sustentável de energia. Outro fato constatado foi o benefício do investimento social em painéis solares, para que ao invés da população ser apenas consumidora, ela possa se tornar produtora de sua própria energia (KLEIN; COFFEY, 2016; KORJONEN-KUUSIPURO *et al.*, 2017).

Segundo Schaubé, Ortiz e Recalde (2018), a pobreza energética e o custo financeiro elevado demonstram grandes problemas em regiões menos favorecidas, como instituições públicas, clínicas e escolas nas áreas rurais. Isso traz a tona uma oportunidade para a disseminação de energia renovável. Para exemplificar, Cloke, Mohr e Brown (2017) relatam programas de disseminação de energia solar em comunidades carentes do Hemisfério Sul, pois há uma alta incidência de raios solares durante um longo período do ano nessa localidade. Por fim, Clausen e Fichter (2019) indagam sobre as principais janelas de oportunidades, as quais seriam a

conscientização social e o investimento de políticas de incentivo para a consolidação e uso de energias sustentáveis.

Hossain *et al.* (2016) direciona sua discussão para os elevados custos da matriz energética atualmente dominante e exalta a grande disponibilidade de recursos naturais capazes de promoverem a energia eólica, hídrica e solar. Porém, ressalta que essas fontes energéticas nem sempre estão disponíveis em todos os lugares necessários. Ademais, Hillman e Sandén (2008) também constatam que o regime atual não abrange a totalidade acerca das questões de sustentabilidade, demonstrando adversidades relacionadas à qualidade do ar, mudanças climáticas e escassez de petróleo, desencadeadas pela busca por combustíveis para transportes. Os autores ainda levantam a necessidade de novas fontes de energia para ampliar o avanço ecológico e possibilitar a adaptação das demandas existentes. Huber (2008) identifica que as regulamentações ambientais existentes em países ainda em desenvolvimento não são capazes de atender toda a sociedade no fornecimento de inovações sustentáveis, em razão da alta demanda e escassez de recursos financeiros.

As políticas que incentivaram o desenvolvimento e regulamentação da energia solar estão ligadas a ideologias de preservação ambiental, aumento populacional, instigações por parte de professores, pesquisadores e criações de leis favoráveis ao uso de energia renovável (LEON BARIDO; AVILA; KAMMEN, 2020; NTONA; ARABATZIS; KYRIAKOPOULOS, 2015; STILGOE; OWEN; MACNAGHTEN, 2013). Segundo Bauer e Fuenfschilling (2019), a Suécia, país pioneiro no uso de combustíveis renováveis, incentivou, através de seu governo, o uso de energias oriundas de fontes renováveis e criou leis obrigando empresas a utilizarem recursos renováveis. Em termos oficiais, a Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, de 23 de Abril de 2009, relata a obrigatoriedade do uso de energias renováveis.

Outros países como a China, Alemanha, Itália e Estados Unidos também estão investindo em energias renováveis. O governo chinês investiu em pesquisas e desenvolvimento de tecnologias para apoiar o setor de energia (LING-ZHI *et al.*, 2018; BERKHOUT *et al.*, 2010). Cooke (2011) relata que a alta incidência de raios solares em lugares como Thüringen na Alemanha, Rhone-Alpes na França e o Vale do Silício nos Estados Unidos da América favorecem a utilização de painéis solares. Além disso,

Geels (2013) menciona que os governos da Alemanha e Itália incentivam a instalação de painéis solares em residências através de subsídios, como alternativa de energia de fácil adaptação em residências. Para Sovacool (2016), os investimentos por parte do governo são de extrema importância para estimular o uso de fontes renováveis pela sociedade.

Alguns países podem encontrar diferentes motivos para evoluírem para um novo regime dominante baseado em energias renováveis. Bradshaw e Martino Jannuzzi (2019) revelam a forte dependência de energia provinda de hidrelétricas e a preocupação com a escassez de água e energia durante o período de secas severas no estado de São Paulo, Brasil. Entretanto, Kivimaa *et al.* (2017) apontam um novo nicho para que seja possível a transição desse mercado ao afirmar que o estado de São Paulo implementou a tecnologia de painéis solares em casas populares para suprir a necessidade de energia. Essa estratégia oriunda de uma demanda local e está sendo testada para a população do estado.

Alguns autores alegam janelas de oportunidades para a disseminação de energia renovável como, por exemplo, Keppler (2018) que propõe que a energia solar pode ser usada como potência operacional em lugares onde há temperaturas relativamente baixas. Yuan, Xu e Hu (2012) apontam que a energia solar é a próxima tecnologia promissora para abastecimento energético e explanam a necessidade de apoio do governo e patrocinadores, como impulsionadores para essa evolução.

2.2.3 Nível Macro (Paisagem)

A demanda por novas tecnologias, capazes de mudar os paradigmas sociais, surge no nível macro de acordo com as novas necessidades sociais. Para a melhor condução dessas mudanças é importante que as políticas governamentais estejam em sintonia com as vontades sociais. Saether, Isaksen e Karlsen (2011) explicam que as inovações sustentáveis geradas nos sistemas energéticos são ligadas à soberania dos países sobre os recursos naturais e ao poder político, que garante novos valores culturais sustentáveis na sociedade visando a inovação. Leon Barido, Avila e Kammen (2020) apontam que existe um amplo consenso de que políticas, tecnologias e objetivos de longo prazo são os mecanismos preferidos para permitir transições energéticas sustentáveis. Para van Staden (2014 apud FRANK, 2018), os desafios

econômicos e tecnológicos na substituição da energia convencional pelos sistemas renováveis são conduzidos por políticas e atividades de inovação.

As inovações sustentáveis são requisitadas e realizadas em diversas frentes sociais. Segundo Cooke (2011), a ecoinovação é uma média das atividades relacionadas à produção de alimentos, informações tecnológicas, geração e transmissão de energia, construção civil, “fabricação verde” e tratamento de água. As inovações atendem o comportamento das pessoas de acordo com o grau de engajamento cultural que determinada sociedade possui para aplicar uma transição sociotécnica. Korjonen-Kuusipuro *et al.* (2017) afirmam que cientistas sociais têm argumentado repetidamente que a pesquisa energética precisa de uma perspectiva recíproca mais ampla que inclua o estudo de seres humanos como membros de sua cultura e como indivíduos ativos. Osunmuyiwa e Kalfagianni (2017) argumentam que a perspectiva multinível gera caminhos recursivos pelos quais tecnologias e mudanças políticas se materializam em relação a aspectos econômicos, ambientais, políticos e socioculturais.

A mudança de comportamento cultural capaz de gerar mudanças tecnológicas é fator decisivo para os novos rumos sociais. Clausen e Fichter (2019) afirmam que a inovação ambiental é capaz de gerar progressos significativos em direção ao objetivo do desenvolvimento sustentável, reduzindo o impacto ambiental e aumentando o uso eficiente e responsável dos recursos naturais. Bridge *et al.* (2013 apud BALTA-OZKAN; WATSON; MOCCA, 2015) afirmam que a nova modalidade de economia pautada em conceitos sustentáveis, chamada de "economia verde", é realizada com o objetivo de reduzir o consumo de energia e melhorar a qualidade ambiental.

A aplicação de recursos energéticos sustentáveis que preservam a natureza são capazes de aprimorar a qualidade de vida social. Geels (2013) afirma que muitos países ocidentais enfrentam dificuldades que demandam a implementação de energias renováveis capazes de ajudar no combate a crises financeiras e problemas ambientais. Segundo Hillman e Sandén (2008), alguns problemas ambientais, em particular as mudanças climáticas, não podem ser resolvidos com mudanças incrementais de tecnologias atuais, mas sim com mudanças radicais de grandes sistemas tecnológicos, como energia e transporte. Berkhout *et al.* (2010) afirmam que alguns países emergentes com a economia em rápido crescimento estão fazendo grandes contribuições para a promoção ambiental global. Com grande necessidade

de uso de recursos em um período de grande poluição ambiental, esses países procuram inovar e buscar uma solução que agregue socialmente e ambientalmente. O caminho social para a preservação ambiental é evitar medidas paliativas. É necessária uma ação íntegra capaz de solucionar o problema e de modificar a cultura social positivamente através do tempo, permitindo a criação de tecnologias sustentáveis.

Com a pressão do nível macro nos nichos, algumas problemáticas locais são propícias para obter-se o desenvolvimento de novas tecnologias. A falta de energia elétrica em comunidades rurais, globalização e outras questões sociais, são algumas das pressões do regime macro para suceder o desenvolvimento de alternativas mais sustentáveis e a consolidação de energias renováveis (ARAÚJO, 2014; BANAL-ESTAÑOL, CALZADA; JORDANA, 2017). Ainda no contexto campesino, alguns autores direcionam a energia solar como uma possível solução para o fornecimento de energia elétrica em comunidades rurais (CLOKE; MOHR; BROWN, 2017; SANTOS CARSTENS; CUNHA, 2019). No Paquistão, o sofrimento com a falta de energia elétrica é um grande problema. Baloch *et al.* (2019) destacam as linhas de transmissão de baixa tensão e grandes perdas de linha. Além disso, menciona questões ambientais como: derramamento devido ao uso de combustíveis fósseis e a negligência dos formuladores de políticas de consumo de energia nas instituições governamentais.

Um problema mencionado por Gross *et al.* (2018) é a falta de prioridade da população em modificar sua fonte de energia elétrica. Segundo os autores, os produtos líderes entre consumidores são celulares ou televisões. Ainda não há grande demanda por equipamentos que proporcionem o fornecimento de energia fotovoltaica, pois seus benefícios são menos tangíveis para os consumidores. Ainda, segundo o autor, não ocorrem altos investimentos para estudos referentes a energia solar devido a essa falta de demanda.

Entretanto, foi observado a importância do engajamento social para a promoção de mudanças energéticas. Segundo Delina (2018), o panorama de pressões coletivas pode oportunizar um cenário favorável ao uso de painéis solares. Kivimaa *et al.* (2017) demonstram como as pressões sociais baseadas em sustentabilidade acarretam a criação de novas fontes de energia. Geels (2018) ilustra a existência de um número elevado de veículos emissores de gás carbono que podem

gerar um desequilíbrio ambiental e estimula a criação e inserção de veículos movidos por combustíveis renováveis não poluentes. Keppler (2017) relata a possível inserção de painéis solares na difusão de sistemas de refrigeração. Além disso, Stilgoe, Owen e Macnaghten (2013) sugerem o aumento de ações voltadas para a necessidade de inovação em escala global.

Um grande potencial para o avanço de estudos e implantação de energias renováveis sucede através da localização geográfica de determinados estados e países. Segundo Bradshaw e Martino Jannuzzi (2019), o estado de Pernambuco, Brasil, tem alto potencial para a inserção de painéis solares, devido a sua posição geográfica e condições climáticas. Rizzi, van Eck e Frey (2014) reforçam a importância de determinados países adotarem energias oriundas de fontes renováveis devido às suas condições e localização geográfica.

2.3 Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável

Sustentabilidade é a consciência social de que as necessidades da atualidade devem ser supridas sem o comprometimento da qualidade de vida das gerações futuras. É uma questão de empatia social, onde os cidadãos devem refletir suas atitudes frente à sociedade e ao meio ambiente pensando a longo prazo. Segundo Bellen (2005 apud CAMPOS *et al.*, 2013) o conceito de sustentabilidade foi forjado a partir de um longo processo de amadurecimento da consciência humana frente aos desastres ambientais causados pelo desenvolvimento econômico e tecnológico desenfreado. Esse modelo de pensamento social já vem sendo discutido e amadurecido desde a década de 70, através de reuniões entre diversas nações para a discussão sobre desastres ambientais e sociais causados pela ação do ser humano ao longo dos anos anteriores e previstos para os seguintes. Nessa década, em 1972, foi criado o Relatório de Meadows durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Homem e o Meio Ambiente realizada em Estocolmo. Nos dois anos seguintes foi criada a Declaração de Cocoyoc e o desenvolvimento social passou também a ser analisado por um viés ecológico. Esse enfoque fez com que a humanidade refletisse sobre os malefícios que o desenvolvimento tecnológico e econômico estava causando à humanidade para que fosse alcançada uma forma de se equilibrar o desenvolvimento com a sustentabilidade ambiental.

Por sua vez, desenvolvimento sustentável é a adaptação da sustentabilidade com a necessidade humana de evoluir suas estruturas, tecnologias, processos e modelos sociais. Para que a sociedade não fique estagnada ou até mesmo regrida, o desenvolvimento é necessário. Deve ser encontrada a medida correta do desenvolvimento para que esse não destrua o meio em que vivemos. Para isso, são criadas novas tecnologias baseadas em materiais e processos sustentáveis, que permitem a evolução humana sem a destruição do meio ambiente e da sociedade, o que acarreta o desenvolvimento sustentável. Segundo Elkington (2001 apud SILVA, 2014), o capitalismo e a sustentabilidade não compõem uma fácil aliança, o que torna o desenvolvimento sustentável um desafio a ser superado pela sociedade através de novos elementos ou tecnologias. O desenvolvimento sustentável ganhou força com o Relatório de Brundtland de 1987 (Nosso futuro comum), formulado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, e desde então tem sido apreciado por diversos países que entendem a sua importância frente aos desafios da atualidade, relacionados aos avanços tecnológicos, fornecimento de suprimentos e exploração ambiental. As atitudes sustentáveis são capazes de suprir as necessidades humanas atuais sem prejudicar as gerações futuras. O desenvolvimento sustentável é considerado um desafio global que deve ser alcançado por todas as nações para que ocorra o desenvolvimento social, econômico e ambiental. Esse foco tríplice do desenvolvimento sustentável é conhecido como “Tripé da Sustentabilidade” ou “Método Triple Bottom Line”. O desafio lançado por essa metodologia é que a sociedade evolua economicamente e tecnologicamente em conjunto com o bem estar ambiental e social, conforme Figura 2:

Figura 2 - Desenvolvimento Sustentável com enfoque no Método Tiple Bottom Line



Fonte: Autoria própria (2021), baseado na teoria de Elkington (1998)

Esse desenvolvimento tríplice é capaz de direcionar os atos de governantes, empresas e civis para a prática de atos que garantam a preservação do ambiente e da qualidade de vida das pessoas, bem como a exploração inteligente e moderada de recursos ambientais. Segundo Jacobi (1999), o conceito de tripé da sustentabilidade, combina eficiência econômica com justiça social e prudência ecológica, como premissas da construção de uma sociedade solidária e justa. Ainda, de acordo com Lourenço e Carvalho (2013), o método Triple Bottom Line avalia o desempenho organizacional não somente pelo lucro proporcionado pelo negócio, porém, ainda pela integração da performance nas dimensões econômica, social e ambiental. Para Almeida (2002 apud OLIVEIRA CLARO; CLARO; AMÂNCIO, 2008), a dimensão econômica foca o desenvolvimento sustentável da economia formal e informal, a dimensão ambiental estimula empresas a considerarem o impacto de suas atividades sobre o meio ambiente e a dimensão social consiste na preocupação com o aspecto social relacionado às qualidades dos seres humanos e de seus ambientes.

A sustentabilidade ambiental ou ecológica foca no combate à demasiada exploração ambiental. As empresas e toda a sociedade são incentivadas a repelir a poluição, desmatamentos e uso exagerado de recursos naturais. Todos devem criar a consciência que o meio ambiente é algo formado por recursos finitos e, que deverão existir para futuras gerações, não apenas para a sociedade atual. De acordo com Roos e Becker (2012), essa visão sustentável permite o desenvolvimento de

empresas, da produção e da preservação, pautado no progresso pleno das atividades humanas e do meio ambiente. As empresas podem contribuir com uso consciente de recursos naturais e instalação de estruturas que diminuam ou eliminem a poluição ambiental. A sociedade civil pode contribuir comprando produtos de empresas que respeitem esses procedimentos, bem como separando o lixo corretamente e evitando queimadas e desperdícios.

A esfera social do desenvolvimento sustentável é a consciência social que influencia as pessoas a tomarem decisões pensando no bem comum de toda a sociedade. Com esse pensamento, a sociedade vai combater problemas ambientais, desigualdades sociais e econômicas, bem como incentivar o acesso à saúde e educação para todos. Segundo Nascimento (2012), uma sociedade sustentável é formada por cidadãos que tenham o mínimo necessário para uma vida digna e que não utilizem bens, recursos naturais e energéticos que sejam prejudiciais a outros.

Por fim, o desenvolvimento sustentável econômico está ligado ao desenvolvimento empresarial associado à preservação do meio ambiente. As empresas bem sucedidas nesse modelo sustentável, além de fornecerem empregos para a sociedade e lucros para os empreendedores, adotam posturas administrativas que preservam os recursos naturais para as próximas gerações. Essa postura pode ser atingida quando os empresários optam pelo uso de energia limpa, utilização moderada de recursos naturais e tratam corretamente seus resíduos orgânicos e recicláveis, entre outras atitudes. Quando há sucesso na implementação desse funcionamento sustentável, as empresas tendem a servir de fonte de inspiração para a sociedade, bem como suas reputações ficam bem avaliadas pelo mercado consumidor. De acordo com Silva (1995 apud OLIVEIRA CLARO; CLARO; AMÂNCIO, 2008), a sustentabilidade econômica pode ser alcançada pela alocação eficiente de recursos naturais, bem como pela mudança dos atuais mecanismos de orientação dos investimentos. Ainda, Magadza (2000 apud NETO, 2011) afirma que o foco no desenvolvimento sustentável permite que as organizações reduzam custos e aumentem a taxa de inovação e a lucratividade, além de melhorar a eficiência.

Quando o desenvolvimento é baseado nos três enfoques do Método Tiple Bottom Line, esse consolidará uma evolução social e econômica, preservando o meio ambiente para as próximas gerações. Empresas, civis e governantes devem se unir,

inclusive internacionalmente com outras nações, para que sejam buscadas as melhores maneiras de se alcançar a evolução sem flertar com o retrocesso.

2.4 Energia Fotovoltaica

Em razão do alto crescimento populacional ao longo dos anos, a demanda energética tem crescido bastante em diversas nações. Para que essa necessidade seja suprida, as estruturas tradicionais de geração energética, como usinas termoelétricas, hidroelétricas e nucleares, tem sido reavaliadas em prol do uso de energias sustentáveis que não afetem a qualidade de vida social e ambiental. As usinas termoelétricas são responsáveis por grande quantidade de queima de carvão, gás natural ou óleo combustível. De acordo com Braga *et al.* (2001), essa conduta faz com que as usinas termoelétricas sejam responsáveis pela geração de dióxido de enxofre (SO₂) e aerossóis ácidos, poluentes extremamente danosos ao meio ambiente.

Figura 3 - Emissão de gases em usina de carvão



Fonte: EcoDebate (2014)

Por sua vez, as usinas nucleares são responsáveis pelo uso de substâncias extremamente radiotivas e tóxicas para geração energética. Além da produção de energia por si só ser um procedimento que gera grande poluição devido ao uso de materiais nucleares, há a problemática do descarte dos resíduos radioativos, que muitas vezes é realizado de forma equivocada, contaminando o solo e a água onde são depositados. Sobre o tema, cabe a seguinte consideração: “Os radioisótopos

representam contaminantes químicos inorgânicos para a água, chegando a inviabilizar seu consumo ou sua utilização em atividades humanas, dado o risco de exposição” (ALBERTIN, 1994, p. 60).

Logo, apesar da energia nuclear gerar uma quantidade de energia considerável para abastecer grandes comunidades, seu custo benefício ligado ao desenvolvimento sustentável acaba não sendo bom.

Ainda, considerada uma energia obtida de forma não poluente, a energia hidroelétrica não possui um custo benefício tão elevado. Apesar de não lançar resíduos tóxicos no meio ambiente, essa tecnologia é causadora de grandes devastações ambientais relacionadas à construção de barragens. Rios, lagos, oceanos, animais e flora são muito prejudicados pela mudança radical realizada em determinado bioma para que seja colocada em funcionamento uma usina hidroelétrica. De acordo com Rocha *et al.* (2018), apesar de ser considerada uma fonte de energia “limpa”, as usinas hidroelétricas geram impactos socioambientais decorrentes da sua construção, com grandes áreas alagadas e populações ribeirinhas desalojadas. Segundo Sousa (2000), as usinas hidroelétricas geram enormes danos sobre o meio ambiente e mesmo que a usina seja desativada, os impactos ambientais podem ser permanentes ou persistirem por vários anos. Ademais, Cristóvam, Silva e Sanmiguel (2020) explicam que a energia gerada por hidroelétricas, em que pese ser considerada renovável, tem diversos problemas de cunho ambiental e mesmo de fatores naturais como as secas. Ainda, Fearnside (2015) chama a atenção para que a sociedade reflita sobre essa problemática, capaz de decidir a qualidade de vida das futuras gerações, para que governantes implementem fontes energéticas limpas de resíduos, mas sustentáveis.

As pressões sociais, ambientais, culturais, econômicas e políticas para que os governantes e iniciativa privada implementem novas tecnologias, pautadas na sustentabilidade, que gerem energia elétrica, bem como conservação ambiental, têm crescido muito nos últimos anos. Novas tecnologias que atendam essas perspectivas já foram pesquisadas, elaboradas e implementadas em alguns mercados. Exemplos dessas inovações são as energias eólica, de biomassa e fotovoltaica. Em razão da elevada incidência de raios solares em territórios de todo o mundo, inclusive em regiões que não são tropicais e desprovidas de temperaturas elevadas, a energia solar tem sido considerada a mais propensa energia sustentável a se tornar dominante nos

mercados mundiais. Sem gerar qualquer tipo de poluição ambiental e de fácil instalação e manutenção, essa fonte energética tem sido adotada por empresas, residências e órgãos públicos em âmbito nacional.

De acordo com Machado e Miranda (2015), a produção de eletricidade fotovoltaica não é uma descoberta recente, pois essa ocorreu em 1839, quando Edmond Becquerel, um físico francês, observou que duas placas de latão imersas em um eletrólito líquido produziam eletricidade quando expostas à luz solar. Ainda, os autores citam que a realização de pesquisas para que essa energia fosse armazenada através de baterias foram bem sucedidas em 1883, através do pesquisador Charles Fritts. Entretanto, de acordo com a Teoria Sociotécnica, já exposta no presente trabalho, as novas tecnologias são colocadas no mercado apenas quando esse está pronto para aquele novo produto, ou seja, quando há uma demanda por uma nova tecnologia. Essa requisição surgiu com força na atualidade, em razão da necessidade urgente da sociedade tomar novos direcionamentos capazes de preservar a natureza e seus recursos para as próximas gerações.

Ao longo das duas últimas décadas, pesquisadores, governantes, iniciativa privada e sociedade se uniram para que o desenvolvimento da energia solar pudesse gerar estruturas de produção energética condizentes com o mercado atual. De acordo com Esposito e Fuchs (2013), a partir da primeira década dos anos 2000, a indústria fotovoltaica consolidou-se nos mercados pelo aumento da demanda e da escala de produção. As tecnologias que captam e armazenam a energia solar estão cada vez mais eficazes e propensas a serem instaladas em diversos ambientes, desde pequenas casas até grandes multinacionais.

Figura 4 - Painel de energia fotovoltaica



Fonte: Reis (2019)

De acordo com Braga (2008), a energia solar é obtida através da conversão da radiação solar em eletricidade por intermédio de materiais semicondutores que geram o efeito fotovoltaico. Cresesb (2006 apud KEMERICH *et al.*, 2016) explicita que atualmente as células fotovoltaicas são fabricadas, na sua grande maioria, usando o silício (Si) e podendo ser constituída de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo. Ademais, sobre a temática:

Uma célula fotovoltaica simples consiste basicamente num díodo de grande área, i.e. um substrato de material semicondutor onde é criado um campo eléctrico interno permanente (chamado junção pn). Quando a radiação atinge um átomo do semicondutor este liberta um electrão que pode ser conduzido pelo campo eléctrico interno para os contactos, contribuindo assim para a corrente produzida pela célula fotovoltaica. (BRITO; SILVA, 2006, p. 2).

Ainda, Nascimento (2004, p. 14 apud LANA *et al.*, 2015, p. 3) afirma que “Uma célula fotovoltaica não armazena energia eléctrica. Apenas mantém um fluxo de electrões num circuito eléctrico enquanto houver incidência de luz sobre ela. Este fenómeno é denominado Efeito Fotovoltaico”.

A energia solar pode ser caracterizada como “on grid” e “off grid”. A primeira modalidade consiste em um sistema fotovoltaico particular ligado à rede de eletricidade pública. Através de um sistema formado por placas solares, inversores, estruturas de fixação e componentes eléctricos protetivos, a modalidade “on grid” permite que o excesso de eletricidade produzida pela estrutura seja direcionado para a rede pública da distribuidora de energia, gerando créditos para o utilizador da

energia solar. De acordo com Bortoloto *et al.* (2017), o sistema on grid não utiliza baterias e a energia produzida pelo sistema fotovoltaico é totalmente consumida ou o restante é injetado na rede elétrica pública. Esse sistema é bastante indicado para residências, localizadas na área urbana, que utilizam tanto a energia solar gerada pelo sistema instalado, bem como a eletricidade fornecida pela companhia elétrica local.

Por sua vez, o sistema “off grid” não se conecta à rede pública de eletricidade, logo o excesso de energia produzida é armazenada em baterias para utilização própria no futuro. Além dos componentes acessórios formados por cabos e suportes de estrutura, esse sistema é composto pelos painéis fotovoltaicos, inversor e blocos de armazenamento. Esses blocos ou baterias geram o benefício de utilização dessa modalidade energética sustentável mesmo em períodos com pouca incidência de raios solares, como no inverno. De acordo com Lana *et al.* (2015), o sistema “off grid” não depende da rede elétrica convencional para funcionar, sendo possível sua utilização em localidades carentes de rede de distribuição elétrica. Por esse motivo, essa modalidade é indicada para estruturas localizadas em locais ermos onde não há acesso razoável à energia elétrica produzida pelo poder público, como construções rurais.

A aplicação da energia solar no Brasil está crescendo nos últimos anos. Esse país possui um enorme potencial de exploração dessa modalidade energética em razão da sua localização geográfica, onde é predominante a incidência de raios solares em todas as estações do ano. De acordo com Braga (2008), a eletricidade gerada pela tecnologia fotovoltaica é fonte energética promissora em razão do seu caráter renovável relacionado à enorme incidência solar presente no planeta. Essa tecnologia tem sido utilizada em residências, empresas e órgãos públicos. Os proprietários de residências e empreendimentos que utilizam a energia solar como fonte predominante ou complementar de eletricidade, têm sido beneficiados com uma considerável economia financeira. Ainda, o uso da energia fotovoltaica como inovação tecnológica pode gerar competitividade e valor de mercado para as empresas que a utilizam. Sobre essa ideia:

As empresas necessitam ser dinâmicas quanto ao desenvolvimento de inovações, e, portanto, gerar vantagens competitivas através do seu processo produtivo, para que possam criar valor econômico, e conseqüentemente, gerar a sua viabilidade dado o mercado em que está inserido. (NETO, 2011, p. 33).

Além disso, a opção pela energia fotovoltaica tem inspirado outros membros da sociedade a buscarem esse tipo de tecnologia com o intuito de contribuir para a existência de uma comunidade mais sustentável. Esse papel inspirador tem um maior alcance quando órgãos públicos adotam e difundem novas tecnologias, como o uso da energia solar, em razão do papel político e social que esses entes administrativos desempenham frente aos cidadãos.

2.5 Gestão Sustentável

O processo de gestão visa o alcance dos objetivos de determinada organização, seja privada ou pública. Para que as metas sejam alcançadas com eficácia, é necessário que as atividades administrativas estejam alinhadas com propósitos contemporâneos capazes de orientar o processo de gestão da maneira mais assertiva possível. É necessária a criação de um modelo de gestão que orientará todos os processos organizacionais de acordo com os princípios que sustentam a cultura e postura da organização frente aos seus membros e à sociedade. Segundo Padoveze e Benedicto (2003 apud BIANCHI; BACKES; GIONGO, 2006), o modelo de gestão é a base para formatação de todo o processo de gestão que por sua vez definirá o comportamento da empresa através da criação de sua cultura organizacional. A criação do modelo de gestão por parte do gestor deve atender as características de cada organização, bem como atender as demandas da sociedade que a circunda. Porém, há conceitos que podem ser compartilhados por diversos modelos, servindo como alicerces para diversas culturas organizacionais. Esses princípios além de orientar gestores, membros da organização e seus usuários, vão criar novos paradigmas sociais capazes de mudar o comportamento humano frente aos desafios contemporâneos.

Devido ao surgimento de diversos desafios contemporâneos relacionados à preservação ambiental aliada ao desenvolvimento humano, o processo de gestão das organizações públicas e privadas passou a adotar medidas sustentáveis, o que gerou a gestão sustentável. Mesmo com muitos recursos tecnológicos sustentáveis disponíveis no mercado, muitas organizações ainda não readequaram seus ambientes e suas culturas organizacionais para que essas tecnologias sejam implementadas. Isso está relacionado ao processo de gestão interno, bem como à

existência de inércia social na percepção da necessidade e aceitação de quebra dos paradigmas vigentes. De nada adianta uma organização querer migrar para um novo modelo gerencial sustentável pautado em inovações tecnológicas e comportamentais, se os seus membros não estão devidamente capacitados a gerir e implementar uma nova cultura organizacional a partir do uso e difusão dessas inovações no seu ambiente e no entorno social. A organização precisa convencer seus membros e a sociedade que as mudanças nos processos existentes são necessárias para o desenvolvimento sustentável da comunidade. Segundo Almeida (2007 apud MENEZES *et al.*, 2011), o desenvolvimento sustentável fornece dois desafios para as organizações, consistentes na geração de inovações necessárias à existência sustentável dos seres vivos e nas vitórias sobre resistências da sociedade quanto aos novos produtos e serviços.

A Administração Pública brasileira tem papel importante na implementação e difusão de novos paradigmas na sociedade. Até o início dos anos 90 isso não acontecia, pois muitos órgãos públicos apenas seguiam diretrizes genéricas de administração fornecidas pelo governo federal. Isso limitava a capacidade de inovação e de aprimoramento de gestão dos órgãos públicos. Segundo Neves (2002), durante muito tempo, o conceito de gestão não foi considerado aplicável aos dirigentes da Administração Pública, pois o papel do gestor público era apenas administrar, de acordo com regras pré-estabelecidas, os seus processos e recursos. A partir dos anos 1990 a esfera pública concedeu maior autonomia de gestão aos seus órgãos, sejam municipais, estaduais ou federais, pautada na modernização do gerenciamento de suas estruturas e pessoal. De acordo com Paula (2005), o gerencialismo ganhou força na esfera pública brasileira nos anos 1990 através do debate da reforma gerencial do Estado e o desenvolvimento da administração pública gerencial. Os entes governamentais passaram a atuar e gerir seu ambiente organizacional mais assertivamente de acordo com suas próprias peculiaridades e com as necessidades sociais contemporâneas, através dos princípios comuns que regem toda a Administração Pública, inclusive por meio da Constituição da República Federativa do Brasil, em seu artigo 225:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-

se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988, n.p.).

A Administração Pública passou a entender a importância da sustentabilidade e começou a ser mais atuante de maneiras que atendam o desenvolvimento sustentável. Os órgãos públicos passaram a atuar de maneiras que garantem o atendimento das necessidades do presente sem destruir o meio ambiente, a economia e a sociedade, assegurando um futuro melhor para as próximas gerações. Neves (2002) afirma que uma organização saudável é aquela que consegue responder de forma adequada às necessidades e expectativas do presente, bem como garantir um bom futuro para a próxima geração. Através dessa nova forma de entender a realidade social aliada a uma maior autonomia gerencial, os entes públicos além de atuarem de maneiras mais sustentáveis, servem de exemplo para todos os demais entes sociais, o que consolida a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável nas percepções e costumes sociais.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Essa seção apresenta os procedimentos metodológicos utilizados para a realização da presente pesquisa. De acordo com Marconi e Lakatos (2002), a pesquisa sempre parte de um questionamento e visa elucidar às necessidades de conhecimento dessa indagação. Segundo Manfroi (2006):

O ato de pesquisar deve nos tornar mais humildes, pois há muito a estudar e descobrir; mais solidários, pois as maiores descobertas são fruto do trabalho de muitos/as pesquisadores/as; mais comprometidos social e politicamente, pois não pesquisamos para nós, os resultados das pesquisas científicas devem ser de domínio público e de fácil acesso à população em geral. (MANFROI, 2006, p. 3).

Ainda, Demo (2000 apud PRODANOV; FREITAS, 2013) afirma que pesquisa é entendida tanto como procedimento de fabricação de conhecimento, quanto como procedimento de aprendizagem.

3.1 Método de Pesquisa

O procedimento de pesquisa utilizado no presente trabalho foi a análise de caso de uma instituição pública de ensino superior brasileira, especificamente quanto à implementação de energia fotovoltaica em suas estruturas, capaz de proporcionar energia elétrica sustentável para sua comunidade. Os dados foram levantados por intermédio de análise documental. Os dados foram organizados e categorizados, através de análise de conteúdo, de acordo com os níveis da abordagem multinível da análise sociotécnica, sendo esses nível micro (nichos), nível meso (regime) e nível macro (paisagem). Segundo Moraes (1999), a análise de conteúdo proporciona o entendimento e categorização de dados através da interpretação de fenômenos da vida social.

O levantamento desses dados objetivou, através de caráter descritivo, elucidar, de acordo com a abordagem multinível da teoria da análise sociotécnica, o processo de implementação de estruturas fotovoltaicas em uma universidade pública brasileira. Segundo Silveira e Córdova (2009), a pesquisa descritiva exige que o pesquisador levante uma série de informações do que se deseja pesquisar. Ainda, Raupp e Beuren (2006) afirmam que uma das características da pesquisa descritiva

é a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados. Os autores também relatam que descrever consiste em identificar e relatar os dados obtidos. Ademais, Gil (2002) explicita que as pesquisas descritivas objetivam primordialmente a descrição das características de determinado fenômeno ou população.

Em relação à abordagem da pesquisa, essa caracteriza-se como qualitativa. Segundo Denzin e Lincoln (2005, p. 3 apud OLIVEIRA; STRASSBURG; PIFFER, 2017, p. 91):

A pesquisa qualitativa é uma atividade situada que posiciona o observador no mundo. Ela consiste em um conjunto de práticas interpretativas e materiais que tornam o mundo visível. Essas práticas transformam o mundo fazendo dele uma série de representações, incluindo notas de campo, entrevistas, conversas, fotografias, gravações e anotações pessoais. Nesse nível, a pesquisa qualitativa envolve uma postura interpretativa e naturalística diante do mundo. Isso significa que os pesquisadores desse campo estudam as coisas em seus contextos naturais, tentando entender ou interpretar os fenômenos em termos dos sentidos que as pessoas lhes atribuem.

Através da pesquisa qualitativa foi possível compreender a realidade estudada sem a preocupação de quantificação dos dados através de métodos estatísticos. Ademais, Gerhardt e Silveira (2009) explicitam que a pesquisa qualitativa não se preocupa com a representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc. Ainda, Deslauriers (1991 apud GERHARDT; SILVEIRA, 2009) explicam que na pesquisa qualitativa, o objetivo da amostra, independente de ser pequena ou grande, é de produzir informações aprofundadas e ilustrativas. Através dessa abordagem de pesquisa, o objeto de estudo foi analisado através da obtenção de informações detalhadas que geraram resultados confiáveis.

3.2 Procedimentos de pesquisa e coleta de dados

3.2.1 Levantamento documental

Foram feitas análises documentais da Chamada Pública Copel VPDE 001/2017, bem como da Chamada Pública ANEEL 001/2016, responsáveis pelo fomento do Projeto de Eficiência Energética da universidade pública analisada, responsável pela implementação de usina fotovoltaica capaz de proporcionar energia

elétrica sustentável. No entendimento de Guba e Lincoln (1981 apud KRIPKA; SCHELLER; BONOTTO, 2015), a pesquisa documental consiste num intenso e amplo exame de diversos materiais que não foram utilizados para nenhum trabalho de análise, ou que podem ser reexaminados, buscando-se outras interpretações ou informações complementares, chamados de documentos. Ainda Sá-Silva, Almeida e Guindani (2009) explicam que:

A pesquisa documental é muito próxima da pesquisa bibliográfica. O elemento diferenciador está na natureza das fontes: a pesquisa bibliográfica remete para as contribuições de diferentes autores sobre o tema, atentando para as fontes secundárias, enquanto a pesquisa documental recorre a materiais que ainda não receberam tratamento analítico, ou seja, as fontes primárias. (SÁ-SILVA; ALMEIDA; GUINDANI, 2009, p. 6).

Através de sítio online relacionado a universidade pública estudada, foi possível averiguar informações e documentos referentes à implementação da energia fotovoltaica nessa instituição e menções às Chamadas Públicas Copel VPDE 001/2017 e ANEEL 001/2016. Através dos sítios online da ANEEL e COPEL, foi possível obter os documentos referentes a essas Chamadas Públicas e averiguar as informações documentais relacionadas ao tema da presente pesquisa.

Ainda foram coletados dados de documentos e informações constantes no site da universidade e em sites que abordavam o projeto de energia solar da instituição. Essa foi a forma predominante de pesquisa, tendo em vista a limitação trazida pela pandemia de pesquisa in loco.

3.2.2 Análise de dados

Com a utilização dessas metodologias de pesquisa, foi possível a coleta de dados através de fontes de levantamento capazes de balizarem os resultados. As informações obtidas através da análise documental das Chamadas Públicas Copel VPDE 001/2017 e ANEEL 001/2016 e dos dados obtidos em sites com informações do projeto permitiram a análise da trajetória de desenvolvimento e implantação da tecnologia fotovoltaica na universidade pública objeto desse estudo, através de análise de conteúdo com base nas categorias de análise Nível Micro, Nível Meso e Nível Macro, de acordo com Geels (2006).

A triangulação desses dados permitiu a identificação de atores, motivos, etapas, barreiras, incentivos, melhorias, discussões, bem como percepções sobre o atual estado da tecnologia fotovoltaica no regime sociotécnico da instituição pública de ensino superior analisada e a possibilidade de expansão dessa tecnologia sustentável no âmbito dessa universidade, bem como para outras instituições de ensino superior públicas.

4 RESULTADOS

4.1 Trajetória de desenvolvimento e aplicação da energia fotovoltaica em uma universidade pública brasileira

Frente aos atuais desafios, pautados em direcionamentos que conduzem a atuação privada e pública para um viés mais sustentável, a instituição pública de ensino superior brasileira analisada tem tomado diversas iniciativas, como substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED, separação assertiva de resíduos, informatização de procedimentos para que seja reduzido o uso de papel e migração para uso de energia sustentável, no caso a fotovoltaica. As informações obtidas sobre a implementação de fonte sustentável de energia, através da usina fotovoltaica, bem como sobre outras atitudes diretamente ligadas a esse procedimento, através do Projeto Eficiência Energética, são explicitadas no presente trabalho através de uma abordagem multinível da análise sociotécnica, com o intuito do entendimento do processo envolvido.

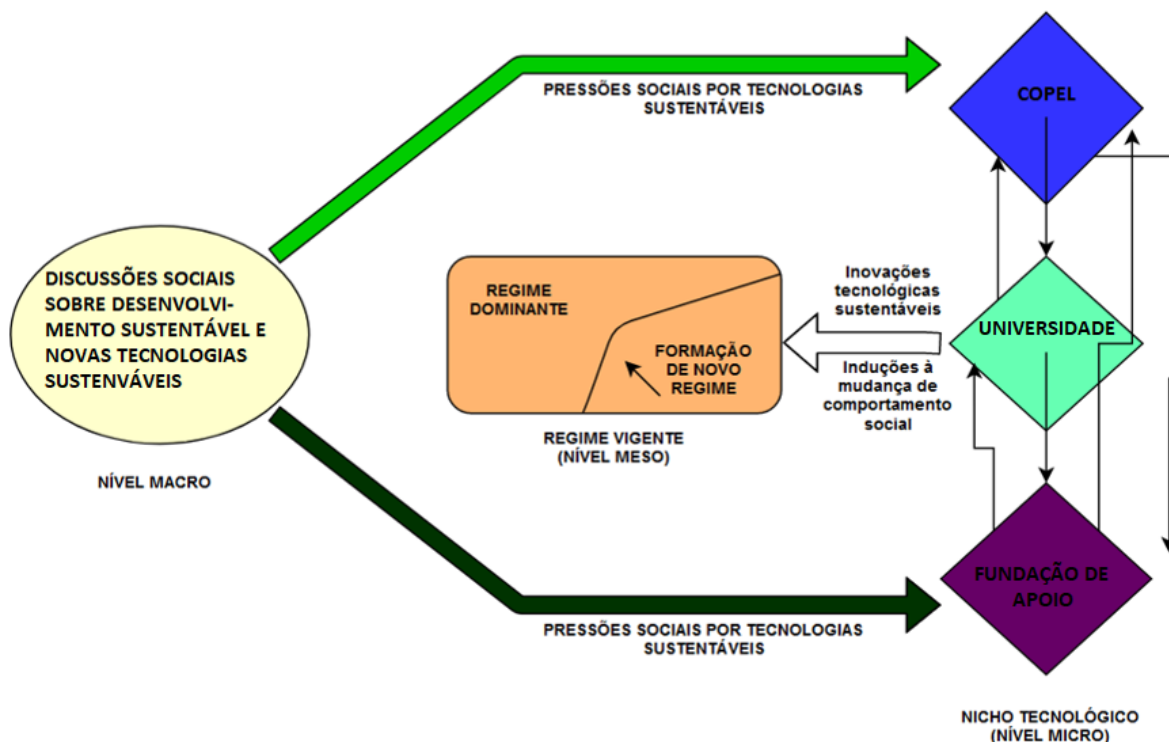
Primeiramente, foi feita a abordagem sobre a concepção do Projeto Eficiência Energética, que contemplou a instalação da usina fotovoltaica em parceria entre a universidade pública, sua fundação de apoio e COPEL. Através de coleta documental, realizada no sítio online da universidade pública, bem como no sítio online da COPEL, foi possível o acesso à Chamada Pública Copel VPDE 001/2017, bem como à Chamada ANEEL 001/2016. Através dessas Chamadas, foi proposta pela COPEL, uma convocação para que projetos de eficiência energética fossem apresentados por instituições públicas de ensino superior, dentro dos critérios definidos pela ANEEL.

A Chamada ANEEL 001/2016 é denominada “Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico P&D: Eficiência Energética e Minigeração em Instituições Públicas de Educação Superior”. Essa chamada buscou a seleção de projetos que foram baseados na promoção de inovações capazes de melhorarem a eficiência energética de equipamentos e processos, bem como evitar o uso irracional de energia. Ainda, estimulou-se a demanda por equipamentos que são mais eficientes do ponto de vista energética e a criação e difusão de hábitos que consistam no uso consciente de energia. Nesse documento chama a atenção o seguinte trecho:

Busca-se promover a cultura da inovação, estimulando a pesquisa e desenvolvimento no Setor Elétrico brasileiro, criando novos equipamentos e aprimorando a prestação de serviços que contribuam para a segurança do fornecimento de energia elétrica, a modicidade tarifária, a diminuição do impacto ambiental do setor e da dependência tecnológica do país. (ANEEL, 2016, p. 0).

Analisando essas informações, do ponto de vista da abordagem multinível da análise sociotécnica, percebe-se que o setor público, através de pressões sociais por melhorias sustentáveis dos serviços prestados, promoveu a implementação e propagação de inovações tecnológicas capazes de diminuir o impacto financeiro e ambiental de suas ações. Aqui denota-se o tripé do desenvolvimento sustentável, onde a ideia é melhorar a comunidade através da renovação de estruturas capazes de fornecerem serviços condizentes com os ideais sociais contemporâneos, baseados em conceitos sustentáveis, bem como diminuir os gastos da máquina pública e aumentar a consciência social e preservação ambiental. Ainda, denota-se que a ANEEL incentivou uma rede de atores capazes de, através da união de esforços e competências, desenvolverem inovações tecnológicas condizentes com as atuais demandas sociais, representadas pelo nível macro. O esforço conjunto e coordenado de empresas e entidades públicas durante a fase de pesquisa e criação de novas alternativas tecnológicas, representa o nicho tecnológico e pretende-se que as inovações criadas consigam se estabelecer no regime, nível meso, podendo até mesmo se tornarem dominantes e substituírem antigas tecnologias que não condizem mais com as necessidades e ideais sociais contemporâneos.

Figura 5 - Implementação da Usina Fotovoltaica sob a Análise Sociotécnica



Fonte: Autoria própria, 2021

A ANEEL também deixou claro o entendimento que as instituições de ensino superior são atores com grande responsabilidade na difusão do desenvolvimento científico e tecnológico no país, por contribuírem significativamente com a produção científica nacional e mundial, bem como por formarem profissionais capazes de propagarem novos conceitos e conhecimentos para a sociedade, o que torna essas instituições peças chave no nicho tecnológico (nível micro). Na Chamada ANEEL 001/2016 essa percepção ficou clara:

A redução de seu escopo a instituições de educação superior deve-se à existência de corpo técnico qualificado nessas instituições para a elaboração e o acompanhamento da execução dos projetos, bem como avaliação dos resultados obtidos e proposição de soluções para os entraves apontados anteriormente. (ANEEL, 2016, p. 2).

Ademais, o Projeto Prioritário de Eficiência Energética deixou claro que além dos objetivos sociais e ambientais, visa também sanar um dos maiores problemas econômicos das instituições de ensino superior, que é o gasto elevado com eletricidade. Para se ter uma noção do problema, o valor total pago pelas Universidades Federais no ano de 2015 soma R\$ 430.000.000,00 (Quatrocentos e

trinta milhões de reais). Segundo a ANEEL, uma grande parte desse valor é resultado do uso de equipamentos ineficientes do ponto de vista econômico, bem como em razão da inexistência de uma cultura sólida que fomenta o uso racional da energia elétrica em todo o território brasileiro. Portanto, através dessas ações, a ANEEL visou não só inovar tecnologicamente o âmbito universitário no campo de geração energética, mas também difundir uma cultura social e ambiental que conscientize e mude o comportamento da sociedade. Na Chamada 001/2016 ficou explícito que:

Os projetos realizados no âmbito desta Chamada possibilitarão a troca de equipamentos energeticamente ineficientes por outros mais eficientes, incentivarão a mudança de hábito de consumo de professores, alunos e funcionários das instituições de educação, a implantação de minigeração de energia elétrica nas Instituições Públicas de Educação Superior, a redução nas contas de energia elétrica dessas instituições, assim como uma nova forma de gestão energética, por meio de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação, entre outras ações de capacitação profissional. Destaca-se ainda que criar uma cultura de Eficiência Energética na formação de futuros profissionais é de grande relevância para a sociedade como um todo. (ANEEL, 2016, p. 2).

É uma “via de mão dupla”, não adianta a instalação de uma estrutura tecnológica inovadora capaz de gerar energia elétrica com menos impacto ambiental e financeiro, se o comportamento humano não é instruído para o uso racional da eletricidade. Ciente disso, a ANEEL aprovou em novembro de 2015, a Resolução Normativa nº 482/2012, que possibilita que os consumidores que instalem geradores elétricos próprios, como painéis solares ou usinas eólicas, possam trocar a energia produzida excedente (não consumida) com a distribuidora local de energia elétrica, o que resulta na diminuição de fatura subsequente. Fica clara a existência de um mecanismo que incentiva a instalação de inovações tecnológicas sustentáveis para geração de energia elétrica e que difunde incentivos para o usuário final utilizar a energia elétrica com consciência.

Através dessa ação com frentes social, ambiental e econômica, a instalação de inovações tecnológicas capazes de inovarem a estrutura de geração de energia elétrica, além de tornarem os usuários mais conscientes quanto ao uso adequado de energia, torna a instituição pública de ensino superior capaz de gerar sua própria eletricidade, mesmo que esse sistema ainda não seja dominante e supra apenas uma parcela da demanda energética. Essa iniciativa do nível micro de implementar novas tecnologias no regime, nível meso, encoraja que essas condutas sejam adotadas com

mais frequência, tanto no âmbito das universidades públicas, como em instituições privadas e residências, o que pode conduzir essas tecnologias a se tornarem dominantes no nível meso. Essa percepção é entendida pela ANEEL, que posicionou-se da seguinte forma:

[...] entende-se necessária e oportuna a publicação de uma Chamada de Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico de Pesquisa e Desenvolvimento, buscando selecionar projetos pilotos e demonstrativos em Instituições Públicas de Educação Superior, os quais servirão de referência para a formulação e a implementação de ações conjuntas e coordenadas em vários órgãos e instituições públicas do país. (ANEEL, 2016, p. 1).

A Chamada 001/2016 da ANEEL pode ser considerada um dos primeiros passos para que essa mudança no regime vigente possa ser vislumbrada a médio/longo prazo. Isso demonstra um outro ator importantíssimo do nível micro, que é o Estado. Com a propagação de incentivos financeiros para que as universidades públicas possam inovar sua estrutura tecnológica em parceria com concessionárias de energia elétrica, o Estado além de fomentar o progresso tecnológico sustentável, está incentivando uma rede de atores composta por acadêmicos, pesquisadores, docentes, empresários, entre outros, que juntos vão atuar em várias frentes para que os melhores resultados sejam alcançados, tanto no âmbito financeiro, quanto no ambiental e social, o que formará novos conhecimentos e uma nova cultura sólida capaz de modificar os atuais paradigmas sociais.

O incentivo do Estado não se resumiu apenas ao apoio financeiro destinado à instalação de novas tecnologias capazes de readequarem o sistema elétrico das instituições públicas de ensino superior contempladas. Há muitos outros fatores envolvidos, como a difusão da sustentabilidade ambiental, contribuição para que as universidades públicas consigam aumentar sua capacidade financeira frente as faturas de energia elétrica, estruturação de laboratórios para o adequado desenvolvimento de estudos na área, fomento de bolsas de estudo para estudantes que queiram atuar nesses projetos, aquisições de equipamentos mais eficazes na medição de energia produzida e utilizada, fomento para pesquisadores que atuem nesses projetos, bem como a elaboração de livros, revistas e outros tipos de conteúdo que auxiliem na disseminação de todo o conhecimento gerado para a comunidade interna e externa das universidades públicas, com o intuito da nacionalização das novas tecnologias empregadas.

Com todos esses objetivos e motivações, a Chamada 001/2016 convocou empresas concessionárias e permissionárias do setor de energia elétrica, a apresentarem propostas adequadas às diretrizes do Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico de P&D. Essas empresas devem, de acordo com a Lei 9.991 de 24 de julho de 2000, aplicar o percentual mínimo de sua receita operacional líquida para fomentarem as referidas propostas. A COPEL, em atendimento a Chamada 001/2016, publicou a Chamada Pública Copel VPDE 001/2017: Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico P&D. Logo no início desse documento a COPEL deixou claro que:

O objetivo da Chamada é a concretização de projetos de eficiência energética e da implantação de sistemas de geração própria de energia (na escala da minigeracao) que sirvam de referência e possam instituir caminho ao rompimento de uma série de entraves ou obstáculos à implantação de projetos e ações de mesma natureza no setor público. (COPEL, 2017, p. 4).

Em atendimento às regras estabelecidas pela ANEEL e visando atender aos anseios governamentais e sociais contemporâneos pautados na sustentabilidade, representados pelo nível macro, a COPEL, sociedade de economia mista e empresa do ramo de energia elétrica, publicou essa chamada para cooperar com o setor público na implementação de sistemas tecnológicos capazes de gerarem energia elétrica para seus usuários e os tornarem mais sustentáveis financeiramente, socialmente e ambientalmente. Ainda, percebe-se que essa integração de atores da esfera pública e privada no nicho tecnológico visa consolidar as inovações tecnológicas sustentáveis implementadas, como a energia solar, no setor público, através da propagação dessas iniciativas em diversos órgãos públicos da área federal, estadual e municipal, criando uma nova cultura no regime (nível meso). Dentro dos objetivos elencados na Chamada Pública Copel VPDE 001/2017, destacaram-se os seguintes:

[...] fomentar a capacitação laboratorial em instituições públicas de ensino e pesquisa; incentivar o desenvolvimento da cadeia produtiva desse segmento industrial e a nacionalização da tecnologia empregada, avaliar a viabilidade econômica da geração própria de energia e seus impactos nos sistemas de distribuição; facilitar a inserção da minigeração na matriz energética brasileira e no setor público; contribuir para que as referidas instituições mantenham sua capacidade de pagamento das faturas de energia elétrica. (COPEL, 2017, p. 4).

Denota-se que a COPEL pretendeu não apenas auxiliar as instituições públicas de ensino superior na instalação de estruturas capazes de as tornarem aptas a produzirem sua própria energia elétrica, reduzindo consideravelmente os gastos com energia elétrica. Fica perceptível que o auxílio da COPEL também visou instigar a produção de conhecimento correlato à temática de geração própria e sustentável de energia elétrica nessas instituições, através do fomento à pesquisas dessa área, bem como a capacitação de estrutura e pessoal ligados aos laboratórios de pesquisa. Dessa forma, a COPEL está alinhada ao conceito de nível micro, onde diversos atores formam uma rede de conhecimento com o intuito de juntos criarem e aprimorarem novas tecnologias capazes de serem implementadas no regime social vigente. A COPEL visou, através de esforços realizados no nicho tecnológico, criar uma cadeia produtiva capaz de disseminar novas tecnologias sustentáveis à nível nacional. A opção por inovações tecnológicas sustentáveis também demonstra que a COPEL está alinhada às pressões sociais por disseminação de tecnologia “verde”, capaz de produzir sem destruir.

O Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico P&D da COPEL visou incentivar propostas pautadas em dois campos de atuação relacionados: Projeto de Eficiência Energética e Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Esses tipos de projeto possuem peculiaridades e campos de atuação distintos, porém estão relacionados com o mesmo tema e possuem objetivo comum, que é inovar tecnologicamente a administração pública no campo da geração e uso da energia elétrica através de práticas e estruturas sustentáveis.

A universidade pública analisada apresentou, em 2017, propostas relacionadas aos dois projetos à COPEL e essas foram aprovadas. Essas propostas foram elaboradas por equipe multidisciplinar de docentes da área de tecnologia e de ciências exatas dessa universidade, especificamente do departamento de engenharia elétrica, além de especialistas de fundação de apoio ligada a essa universidade pública. A proposta visou implementar uma usina fotovoltaica de geração de energia elétrica, bem como a substituição de mais de 50 mil lâmpadas fluorescentes em várias estruturas dessa universidade por lâmpadas de LED e utilização de ações para o monitoramento do consumo de energia elétrica, capazes de juntos gerarem uma economia estimada de R\$ 1,5 milhão por ano com energia. A verba obtida através do fomento da COPEL também foi capaz de fomentar pesquisas sobre eficiência

energética em diversos departamentos dessa universidade, como previsto pelas Chamadas 001/2016 e VPDE 001/2017, respectivamente da ANEEL e COPEL. A verba cedida para essa proposta foi de R\$ 16,8 milhões, sendo que R\$ 7,5 milhões foram destinados ao Projeto Eficiência de Energética, responsável pela implementação da usina solar em campus da universidade pública estudada, e R\$ 9,2 milhões foram destinados à projetos de pesquisa e desenvolvimento. Em 2020, as obras da usina fotovoltaica foram concluídas através de financiamento pelo Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico P&D da COPEL.

A instalação da usina fotovoltaica solar carport foi realizada conjuntamente com a substituição de mais de 50.000 lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED, bem como permitiu o fomento de pesquisas sobre eficiência energética. Também estão sendo realizadas divulgações de materiais capazes de instruir a comunidade interna e externa sobre o uso racional de energia elétrica e de incentivar o uso de novas tecnologias pautadas na sustentabilidade. Dessa forma, percebe-se que são diversas frentes atuantes na implementação e promoção de uma inovação tecnológica sustentável no âmbito de uma instituição pública de ensino superior. Há uma gestão sustentável capaz de gerar eficiência energética, economia financeira, preservação do meio ambiente e difusão de uma nova cultura social, dotada de comportamento social mais comprometido com o desenvolvimento sustentável.

4.2 Análise multinível do processo de implementação de usina fotovoltaica em uma universidade pública brasileira

Para a análise multinível do processo de implementação de usina fotovoltaica em campus de uma instituição pública de ensino superior brasileira foram realizadas análises de documentos obtidos em site dessa instituição e em outros sites com informações sobre o projeto da construção dessa usina, referenciados nessa dissertação. Através desses documentos sobre a construção da usina fotovoltaica foi possível a obtenção dos presentes resultados.

Os resultados obtidos foram subdivididos nas categorias Nível Micro, Nível Meso e Nível Macro, de acordo com a teoria da análise sociotécnica, utilizada na presente pesquisa.

4.2.1 Análise das dimensões do Nível Micro

O nicho tecnológico representa o nível onde ocorre o desenvolvimento das inovações tecnológicas. Segundo estudos de Andersen e Markard (2020), a dinâmica de nicho na elaboração de novas tecnologias compreende o aprendizado, incorporação institucional, formação de redes e atendimento das necessidades sociais. Essas inovações são desenvolvidas por uma rede de atores, através de motivações sociais geradas a partir de pressões da sociedade, representada pelo nível macro (CLOKE; MOHR; BROWN, 2017). Através dos documentos, foi possível identificar a rede de atores envolvida na concepção da usina fotovoltaica da universidade pública estudada, bem como suas áreas de atuação e atribuições. Ainda, foi possível identificar motivações e objetivos que englobam o processo de concepção e implementação da usina solar no ambiente da universidade pública.

Sobre os principais motivos, pode ser resumido como sustentabilidade e economia, seguido pela existência do edital aberto pela COPEL. Isso demonstra que o conjunto oportunidade, conscientização e atividades acadêmicas são os principais termos centrais da motivação. Primeiramente, isso demonstra a importância contemporânea que o tema da sustentabilidade tem na sociedade. Inspirado por valores sociais baseados na valorização do meio ambiente, a motivação foi criar uma estrutura capaz de reduzir impactos ambientais e gerar energia elétrica econômica para a universidade, capaz de diminuir o gasto financeiro com energia elétrica nessa instituição. A Chamada Pública Copel VPDE 001/2017 demonstra a importância da existência de janela de oportunidades financeiras que fomentam projetos de inovações tecnológicas sustentáveis. Em tempos de crise econômica, onde os recursos públicos são cada vez mais escassos para a área de educação pública, é extremamente relevante a participação de outros entes que possam prestar ajuda financeira para viabilizar projetos científicos que agregarão valor para toda a sociedade. Com análise dos documentos, também ficou claro que muitos dos envolvidos no projeto de concepção e implementação da usina fotovoltaica já realizavam estudos e testes dessa tecnologia em menor escala para depois, com o surgimento de oportunidade financeira, viabilizarem um projeto em grande escala capaz de suprir energeticamente boa parte da universidade. A tecnologia foi desenvolvida em um nicho tecnológico e colocada em prática no momento que

surgiram as janelas de oportunidade (GROSS *et al.*, 2018). A ideia de nicho tecnológico está presente, pois a ideia de “berço” de novas tecnologias foi colocada em prática no ambiente da universidade pública e corrobora a ideia que instituições acadêmicas e de pesquisa são ambientes propícios ao desenvolvimento de novas tecnologias, em razão da existência de atores envolvidos com pesquisa e estudos relacionados à novas tecnologias (BHATT; SINGH, 2020). Ainda, conforme já relatado no presente trabalho, a oportunidade financeira direcionada à construção da usina solar no âmbito da universidade pública analisada contemplou também valores para o desenvolvimento de pesquisas capazes de aprimorarem a tecnologia fotovoltaica. O nível micro sempre está atuante em busca de novas tecnologias capazes de atenderem novas demandas sociais, bem como do aprimoramento das tecnologias já aplicadas em determinado âmbito (BRADSHAW; JANUZZI, 2019), conforme está ocorrendo na universidade pública analisada.

Ao serem analisados e pesquisados os objetivos que fizeram com que a universidade pública migrasse para o uso de tecnologia sustentável relacionada ao uso de energia elétrica, foi possível identificar, o benefício econômico relacionado à economia com os custos de consumo de luz na instituição, a motivação para pesquisas e estudos relacionados à área, os trabalhos de graduação e pós-graduação e a diminuição de consumo energético/sustentabilidade.

O benefício econômico, demonstra que ocorreu uma preocupação com os elevados gastos financeiros relacionados à utilização de energia elétrica, o que incentivou pesquisadores da área da engenharia elétrica a buscarem soluções que pudessem amenizar esse impacto financeiro, principalmente em períodos adversos economicamente para todo o país, onde o nível de investimento financeiro no âmbito educacional, inclusive no aprimoramento de suas estruturas, acabou sofrendo cortes ao longo dos últimos anos. Isso demonstra que quando surge uma oportunidade de aprimoramento tecnológica na estrutura de um ambiente formado por mentes voltadas ao estudo e pesquisa, cria-se oportunidades para que esse processo seja objeto de pesquisa de estudantes e professores, que buscarão aprimorar e disseminar os estudos relacionados às inovações tecnológicas sustentáveis proporcionadas (SANTOS CARSTENS; CUNHA, 2019).

Através dos dados também foi possível identificar as áreas de pesquisa envolvidas com o projeto da concepção da usina fotovoltaica no âmbito da

universidade pública analisada. Foram observadas diferentes áreas envolvidas de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição das áreas envolvidas

Áreas envolvidas
Engenharia Elétrica
Química
Física
Arquitetura
Engenharia Mecânica

Fonte: Autoria própria, 2021

A área que demonstra maior envolvimento é a de engenharia elétrica. Isso demonstra que o principal nicho tecnológico responsável pela implementação da energia solar na universidade pública analisada foi o departamento de engenharia elétrica, onde se localizam professores e pesquisadores que já vêm estudando a tecnologia fotovoltaica há algum tempo, até por ser uma tecnologia ligada a essa área. Entretanto, ocorreu também a participação de pesquisadores/professores de outras áreas na etapa de estudo sobre a aplicação dessa tecnologia na universidade, o que demonstra que foi desenvolvida uma rede de atores formada por pesquisadores de diversas áreas para facilitar o entendimento e a elaboração do projeto da usina fotovoltaica em diversos campos além do campo da engenharia elétrica, como por exemplo a parte arquitetônica do projeto. Essa constatação demonstra que dificilmente apenas um sujeito ou entidade vai figurar como ator de uma implementação de inovação tecnológica, pois o desenvolvimento de uma rede de atores com diversas competências facilita e é necessário para esse processo (KORJONEN-KUUSIPURO *et al.*, 2017).

Entre as informações analisadas nos documentos foram identificados os atores responsáveis pelo processo de concepção da usina fotovoltaica.

Tabela 2 - Descrição dos atores responsáveis pela concepção da usina

Atores
Professores do departamento de engenharia elétrica
Professores de outros departamentos
Superintendência de infraestrutura dessa universidade pública
Fundação de apoio dessa universidade pública
COPEL/ANEEL

Fonte: Autoria própria, 2021

Os principais atores destacados como atuantes no projeto de concepção da usina solar e que contribuíram para que ele acontecesse são os professores do departamento de engenharia elétrica e de outros departamentos, a fundação de apoio da universidade pública analisada, a superintendência de infraestrutura dessa universidade e a COPEL/ANEEL. Isso demonstra que a rede de atores, relacionada ao projeto da usina fotovoltaica, agregou diversas competências dentro da própria instituição, como professores, fundação de apoio dessa universidade pública e superintendência de infraestrutura, e também recrutou competências externas, como a COPEL/ANEEL, que através das Chamadas Públicas ANEEL 001/2016 e Copel VPDE 001/2017, fomentaram a realização do Projeto Eficiência Energética, responsável pela implementação da usina fotovoltaica.

Após o projeto da usina fotovoltaica tomar forma e ser colocado em prática, foram recrutados mais atores para participarem nesse projeto. Com a análise dos documentos, foi possível identificar esses atores, bem como os papéis deles durante o processo de implementação da usina. Foram detectadas diversas atuações que possibilitaram a concretização do projeto. A tabela seguinte apresenta a atuação dos atores envolvidos durante o processo de implementação.

Tabela 3 - Descrição dos atores responsáveis durante a implementação e suas atribuições

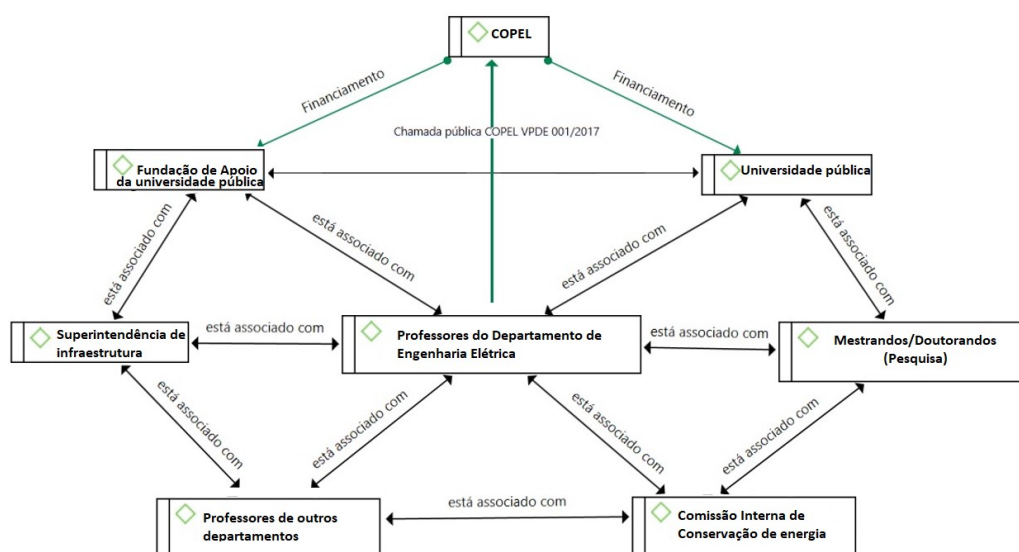
Atores	Atividades associadas
Departamento de engenharia elétrica	Atividades de testagem, simulação e funcionamento ligadas à implementação; processos de instalação da usina; controle do projeto.
Mestrandos/Doutorandos	Participação no processo (pesquisa).
Copel	Apoio técnico/financeiro.
Coordenadores do projeto	Gestão dos projetos de pesquisa e desenvolvimento e eficiência energética.
Fundação de apoio	Apoio técnico; verificar viabilidade do local de instalação da usina fotovoltaica; atuação na concepção da usina solar; controle de prazos e qualidade.
Comissão interna de conservação de energia	Divulgação.
Dept. de engenharia mecânica	Análise das estruturas carport
Superintendência de infraestrutura	Auxílio na instalação da usina.
Reitoria	Apoio da unidade para efetivação das atividades.

Fonte: Autoria própria, 2021

De acordo com a análise dos documentos, entre os atores que agiram durante a realização do projeto, a fundação de apoio da universidade pública analisada e os professores, principalmente os do curso de engenharia elétrica, foram fundamentais atuando em diversas atividades durante a implementação do projeto da usina fotovoltaica.

Além da fundação, outras áreas estratégicas da universidade atuaram na implementação do projeto. A superintendência de infraestrutura, responsável pela gerência da infraestrutura da universidade, atuou na instalação da usina e a comissão interna de conservação de energia atuou na divulgação de dados da usina para a comunidade. Também cabe destacar a COPEL como atuante durante a aplicação do projeto, através de auxílio técnico e financeiro relacionado à Chamada Pública COPEL VPDE 001/2017. Através da presente análise, foi possível mapear a rede de atores envolvida com o projeto da usina fotovoltaica da universidade pública analisada:

Figura 6 - Rede de atores da Usina Fotovoltaica



Fonte: Autoria própria, 2021

De acordo com os documentos analisados foi possível averiguar que foram criadas comissões entre os atores, com o intuito de identificar a distribuição de responsabilidades e funções a determinados grupos da rede de atores. A indicação de comissão e seus membros e a descrição das atividades é feita na tabela apresentada na sequência.

Tabela 4 - Organização de comissões

Comissões	Atribuições
Chefes dos grupos de pesquisas Profissionais COPEL Profissionais da Fundação de apoio	Coordenação de pesquisas. Apoio técnico. Submissão de relatórios para a Copel; suporte no campo de eficiência energética; estruturação e submissão do projeto de eficiência energética; Atividades de pesquisa.
Professores de engenharia elétrica	Concepção da usina solar; elaboração do projeto de eficiência energética para a construção da usina; averiguar o funcionamento da usina.
Reitoria Superintendência de infraestrutura Comissão interna de conservação de energia.	Reuniões para análise das ações. Organização e planejamento e auxílio em questões estruturais. Mapeamento do consumo energético; divulgação de informações e formulação de ações sobre consumo consciente que propagam novos comportamentos.

Fonte: Autoria própria, 2021

Percebe-se que as atividades mais técnicas estavam sob a responsabilidade da fundação de apoio da universidade pública analisada, enquanto as atividades de pesquisa, aspectos ambientais e outras questões relacionadas ao projeto estavam sob a responsabilidade dos professores. A comissão interna de conservação de energia, composta por professores de várias áreas como comunicação, arquitetura, engenharia elétrica e engenharia mecânica, ficou responsável pela mensuração do consumo de energia elétrica nos campus da universidade, bem como pela propagação de ações sobre consumo consciente, capazes de difundirem uma nova cultura/educação, relacionada ao uso racional da energia elétrica, para os membros da universidade e sociedade. Essa atuação da comissão interna de conservação de energia, ligada à mensuração do uso energético e à divulgação de formas que nivelem esse consumo de forma racional, baliza o meio de compreender e modificar a realidade do consumo da instituição, através de um entendimento minucioso que não engloba apenas o gasto energético, mas todas as circunstâncias relacionadas a esse gasto.

Não é apenas uma questão do quanto se consome de eletricidade, mas como se consome e a consciência e benefícios relacionados a esse consumo, pois isso mantém a comunidade de pesquisadores mais informada e integrada.

É importante que essas redes sejam estruturadas desde o princípio das atividades. Considerando que a universidade contempla uma série diferenciada de

cursos, se esse modelo de rede for mais incentivado, barreiras e imprevistos podem ser minimizados com o aproveitamento de material físico, intelectual e humano já existente dentro da própria instituição. Essa reunião de competências desde a concepção de determinado projeto de inovação tecnológica facilita o aprendizado e a prática dos processos envolvidos (BERKHOUT *et al.*, 2010).

Através da análise dos presentes dados, foi possível concluir a formação do nível micro relacionado à implementação da usina fotovoltaica da universidade pública analisada:

Quadro 1 - Dimensões do Nível Micro

NÍVEL MICRO	<ul style="list-style-type: none"> - Atores: Professores/pesquisadores do departamento de engenharia elétrica da universidade pública, COPEL/ANEEL, fundação de apoio da universidade pública, superintendência de infraestrutura, comissão interna de conservação de energia, reitoria, professores/pesquisadores de outros departamentos da universidade pública, mestrandos e doutorandos da universidade pública. - Capacitação dos pesquisadores através de aplicação da tecnologia fotovoltaica em menor escala dentro do departamento de engenharia elétrica, treinamentos, consultorias, desenvolvimento de pesquisas acadêmicas relacionadas à energia fotovoltaica. - Desenvolvimento de ideias que resultaram na concepção da usina fotovoltaica, que representa inovação tecnológica. - Rede de cooperação entre universidade pública e concessionária de energia elétrica. - Motivações e objetivos relacionados à práticas sustentáveis dentro da universidade pública.
--------------------	--

Fonte: Autoria própria, 2021

4.2.2 Análise das dimensões do Nível Meso

O regime, representado pelo Nível Meso, representa o nível onde ocorre a aplicação das novas tecnologias, geradas nos nichos tecnológicos, em determinado ambiente social (CARVALHO, 2016). A inserção de inovações tecnológicas no mercado implica a quebra de paradigmas, através da substituição do regime social dominante por um novo regime envolvido por mudanças sociais, culturais e tecnológicas, relacionadas ao uso de tecnologias inovadoras (BAUER; FUENFSCHILLING, 2019). Durante essa fase, são identificados incentivos e barreiras capazes de acelerarem ou retardarem o processo de inovação no ambiente social, bem como as etapas e diretrizes legais e administrativas que envolvem o processo da

introdução das inovações tecnológicas em determinado ambiente social (ARAÚJO, 2014). Através da análise documental, foi possível identificar as barreiras enfrentadas pelos atores envolvidos com a concepção e implementação da usina fotovoltaica da instituição pública de ensino superior avaliada. A Tabela 5 apresenta as principais barreiras identificadas no processo de concepção e implementação da usina fotovoltaica dessa universidade. As barreiras são as fontes de resistência que implicam dificuldades na inserção de novas tecnologias sustentáveis dentro do regime vigente (GEELS, 2013).

Tabela 5 - Descrição das principais barreiras identificadas no processo

Barreiras	Como afetou
Estrutura	Mudança do local de instalação da usina fotovoltaica.
Pandemia	Atraso na mensuração dos dados de funcionamento da usina; Afastamento das atividades presenciais em razão da necessidade de quarentena.
Impacto no cotidiano da universidade	Realização de obras com fechamento de estacionamento do local.
Desafios técnicos	Integração da usina solar à rede da Copel.

Fonte: Autoria própria, 2021

No momento de transições tecnológicas para novas tecnologias e estruturas é comum que surjam barreiras estruturais que precisem ser sanadas através de adaptações ou reestruturação para que o ambiente fique propenso ao recebimento de novas tecnologias (HILLMAN; SANDÉN, 2008). Através dos documentos analisados foi possível constatar que a construção da usina fotovoltaica, primeiramente destinada ao telhado de uma edificação, teve que ser realizada no estacionamento de campus da universidade analisada, em razão do telhado da edificação não comportar o peso dos painéis.

Também cabe destaque à pandemia de corona vírus, a qual a sociedade mundial enfrenta desde janeiro de 2020 e que até esse momento ainda afeta a comunidade brasileira. Essa pandemia prejudicou muitas atividades que vinham sendo realizadas presencialmente, incluindo atividades acadêmicas e de pesquisa realizadas no âmbito das universidades públicas do Brasil. No âmbito da universidade pública analisada, desde março de 2020 até o momento em que esse trabalho está sendo finalizado (novembro de 2021), as aulas presenciais estão suspensas. Dessa forma, toda a pesquisa com os dados que seriam obtidos com o funcionamento padrão

da usina fotovoltaica não pôde ser realizada, afinal de contas o movimento no campus da universidade não reflete a realidade do cotidiano normal.

Ainda, o impacto no cotidiano da universidade em razão da construção da usina fotovoltaica foi entendida como uma barreira, pois isso acarretou por determinado período o fechamento do estacionamento do campus onde foi construída a usina. Como a universidade é um local de grande circulação de pessoas e seu estacionamento é bastante utilizado pela comunidade interna, entendeu-se que isso foi uma barreira. Porém, esse tipo de situação é algo comum em qualquer construção de grande porte e isso é algo que deve ser compreendido, pois a falta de compreensão pode gerar dificuldades na migração de tecnologias até então utilizadas para novas tecnologias sustentáveis e do processo que cerca essa transição (SAETHER; ISAKSEN; KARLSEN, 2011). Sobre os desafios técnicos, a integração da usina solar com a rede da COPEL foi solucionada através de estudos entre os profissionais da COPEL e pesquisadores da universidade. Isso demonstra que em instituições tão grandes e importantes como as universidades públicas, onde há uma série de professores e pesquisadores capacitados e competentes, facilita-se o processo de obtenção de mão de obra para solucionar questões técnicas.

Através da análise de dados, ainda foi possível identificar os incentivos proporcionados para a rede de atores envolvida com a concepção e implementação da usina fotovoltaica da universidade pública estudada. A Tabela 6 apresenta os principais incentivos identificados no processo de concepção e implementação da usina fotovoltaica dessa universidade.

Tabela 6 - Principais incentivos para a realização do projeto

Incentivos
Apoio da Copel
Apoio da Reitoria
Apoio da comunidade universitária
Aceitação social do projeto envolvendo energia solar
Apoio da Superintendência de infraestrutura
Apoio de outros setores da universidade

Fonte: Autoria própria, 2021

Os incentivos compõem as janelas de oportunidades conjuntamente com regramentos legais e administrativos, que surgem para o atendimento das demandas sociais e dos nichos tecnológicos na consolidação de novas tecnologias sustentáveis no mercado (CLAUSEN; FICHTER, 2019). Através da análise documental, foi possível

identificar os incentivos advindos do apoio da reitoria da própria instituição, que apoiou e fortaleceu a realização do projeto; do apoio da COPEL, que prestou auxílio técnico e financeiro; do apoio da comunidade universitária, que abraçou a ideia da aplicação de tecnologia sustentável dentro da universidade; da aceitação social do projeto; e do apoio da superintendência de infraestrutura e de outros setores dessa universidade, em razão do apoio técnico de profissionais e pesquisadores dessas unidades.

O apoio e aceitação do projeto do uso de energia solar no âmbito da universidade pública analisada contribuiu para o processo de inovação sustentável dentro desse ambiente. A inovação ambiental é capaz de gerar progressos sociais, econômicos, e culturais (CLAUSEN; FICHTER, 2019). O processo de migração para tecnologias sustentáveis em momento social onde cada vez mais se percebe a importância do desenvolvimento sustentável e a adoção de mecanismos e estruturas que fomentam a sustentabilidade por si só é um incentivo para iniciar o processo de mudança (BALTA-OZKAN, WATSON; MOCCA, 2015).

Em relação aos incentivos legais ou administrativos advindos da esfera governamental, considera-se de suma importância a existência desse mecanismo de estímulo em razão do grande alcance da atuação estatal em todo o país visando o alcance de benefícios para toda a sociedade (SOVACOOOL, 2016). Conforme já citado, através da análise dos documentos, entende-se que as Chamadas Públicas ANEEL 001/2016 e COPEL VPDE 001/2017 foram incentivos governamentais de grande importância que possibilitaram a concepção e implementação da usina fotovoltaica na universidade pública analisada.

Tabela 7 - Incentivos legais ou administrativos

Incentivos legais ou administrativos

Chamada Pública ANEEL 001/2016

Chamada Pública Copel VPDE 001/2017

Fonte: Autoria própria, 2021

As janelas de oportunidades ligadas à políticas e leis governamentais, que incentivam o desenvolvimento e regulamentação da energia solar, permitem que ideias e projetos desenvolvidos nos nichos tecnológicos se concretizem no regime sociotécnico através da oportunidade social, econômica e ambiental que esses instrumentos proporcionam (STILGOE; OWEN; MACNAGHTEN, 2013). A inexistência desse tipo de apoio governamental atrasa o processo de inovação tecnológica, pois a

sociedade fica sem amparo em questões legais e administrativas que além de incentivar, também vão guiar os processos de implementação de novas tecnologias capazes de promover o desenvolvimento sustentável (HUBER, 2008).

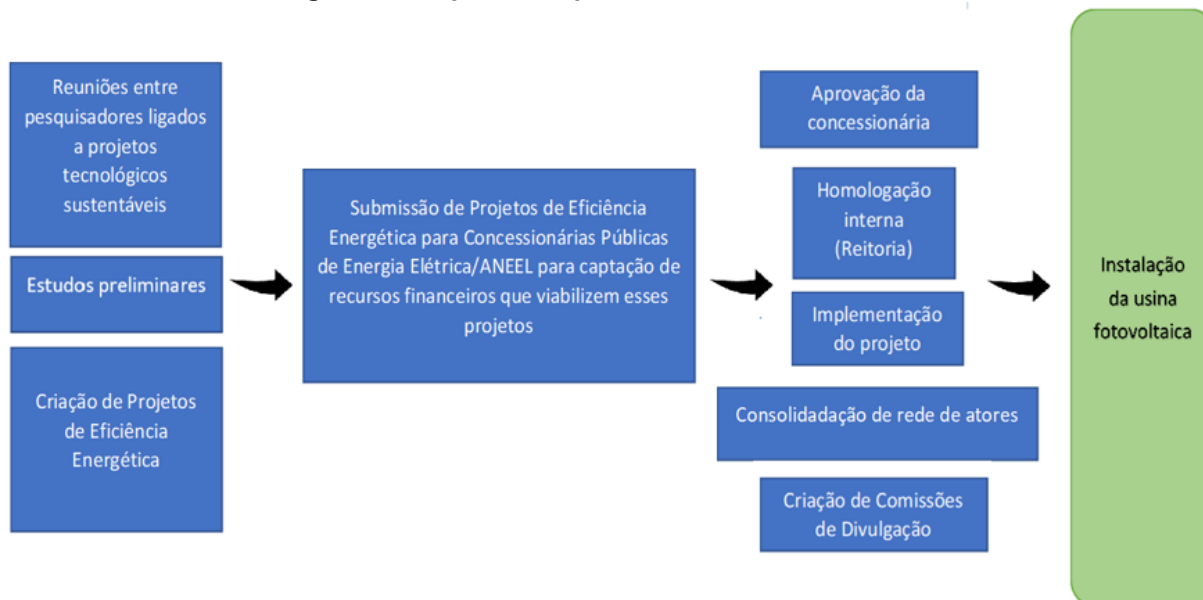
A análise desses documentos demonstra que a oportunidade gerada por um grande financiamento econômico é de suma importância para a diversificação e ampliação das atividades que muitas vezes já vêm sendo desenvolvidas de forma teórica ou em pequena magnitude dentro das instituições de ensino superior, e possibilita uma grande mobilização social em torno de novas tecnologias em razão da grande visibilidade que essas instituições podem fornecer. O gasto econômico governamental para a produção de novos produtos tecnológicos pautados na sustentabilidade é benéfico, pois permite um retorno econômico capaz de sanar o investimento realizado e gerar novos recursos financeiros através de gastos menores fomentados por tecnologias sustentáveis (FRANK, 2018). O projeto de eficiência energética no âmbito na universidade pública analisada já vinha sendo concebido há algum tempo e pôde ser concretizado, com a construção de usina fotovoltaica, através apoio das Chamadas Públicas ANEEL 001/2016 e Copel VPDE 001/2017.

Além da construção da usina solar, as Chamadas Públicas ANEEL 001/2016 e Copel VPDE 001/2017 possibilitaram a realização de uma série de pesquisas relacionadas à tecnologia fotovoltaica no âmbito da universidade analisada. Isso demonstra que o processo de inovação tecnológica dentro dos nichos tecnológicos não se resume apenas na concepção e construção de inovações tecnológicas capazes de gerar sustentabilidade e economia financeira. Após o processo de construção está sendo possível a aplicação de diversas pesquisas acadêmicas e científicas através da obtenção de dados fornecidos pela usina fotovoltaica que poderão aprimorar a concepção e uso da tecnologia fotovoltaica, gerando mais valor e visibilidade a essa tecnologia. A importância do desenvolvimento de estudos e pesquisas nos nichos tecnológicos relacionados à institutos de ensino e pesquisa é de suma importância, pois ele não tem fim e sempre se buscará novos aprimoramentos (SOVACOOOL, 2016).

Outro ponto averiguado nos documentos foram as etapas da introdução do projeto da usina fotovoltaica no regime social vigente da universidade pública analisada. As etapas percorridas demonstram o processo de inovação tecnológica desde à concepção até a implementação no regime sociotécnico vigente,

representado pelo Nível Meso (GEELS, 2006). A Figura 7 apresenta um breve resumo da sequência das etapas realizadas:

Figura 7 - Etapas de implementação da Usina Solar



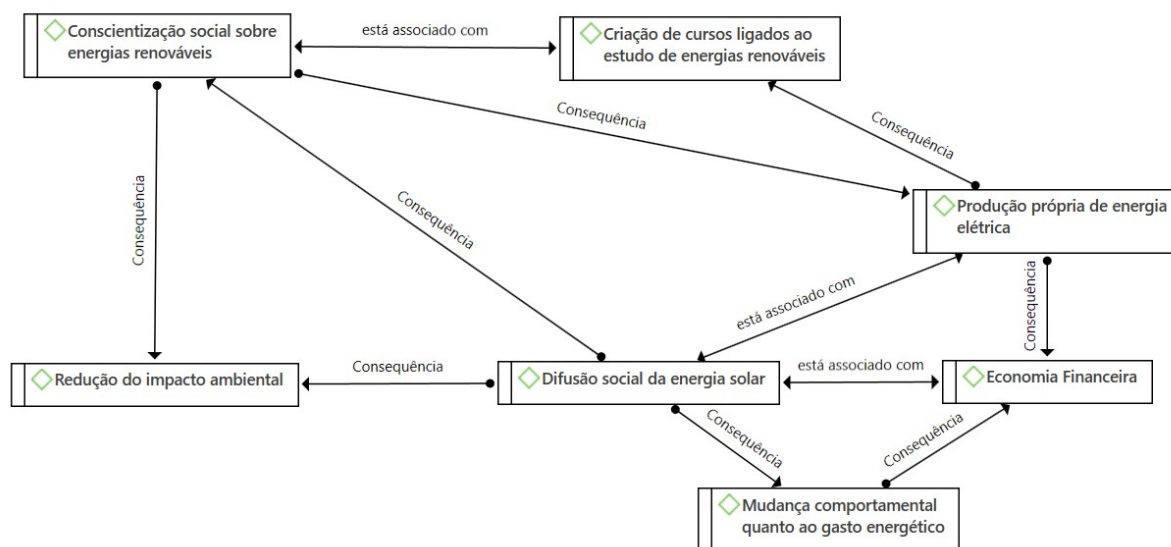
Fonte: Elaborada pelo autor (2021)

Primeiramente foram criados estudos preliminares sobre a tecnologia fotovoltaica através de reuniões entre pesquisadores do departamento de engenharia elétrica da universidade analisada. A partir desses estudos foi criado um projeto de eficiência energética que contemplou a construção de usina fotovoltaica e esse foi submetido para a Chamada Pública Copel VPDE 001/2017. Após aprovação do projeto pela concessionária pública de energia elétrica, a reitoria da universidade homologou a iniciativa dos pesquisadores do departamento de engenharia elétrica e aprovou o projeto de instalação da usina solar, que pode ser realizada através de uma rede de atores consolidada. Isso demonstra a importância do respaldo de uma instituição pública de ensino superior para as iniciativas de seus pesquisadores, pois de nada adiantaria o esforço e a iniciativa dos pesquisadores se não ocorresse um respaldo para que a execução do projeto pudesse tomar forma no ambiente interno da universidade. A importância do apoio coletivo dentro de uma instituição para a promoção de mudanças sustentáveis cria um panorama favorável à implementação da energia fotovoltaica (DELINA, 2018).

Quanto ao estado atual do projeto, o mesmo está finalizado e em situação de produção ativa de energia. A instalação da usina fotovoltaica permitiu outros avanços na estrutura da universidade pública analisada. Isso porque a verba disponibilizada pela chamada pública da COPEL também possibilitou a instalação de equipamentos que monitoram o uso da energia elétrica em diversas localidades dos setores, departamentos e campus dessa universidade, o que permite detectar onde a energia elétrica está sendo utilizada de forma racional e onde pode ser corrigida. Além disso, a verba possibilitou a troca de mais de 50 mil lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED, o que melhorou significativamente a estrutura dessa universidade para fins de economia financeira com gasto energético. O custo da energia elétrica em diversos locais do mundo tem sido elevado e a solução encontrada para que o gasto financeiro seja menor tem sido a geração de energias sustentáveis (BALTA-OZKAN; WATSON; MOCCA, 2015).

A tecnologia fotovoltaica conseguiu adentrar no regime social vigente dessa universidade com sucesso e as melhorias já são perceptíveis. A tendência é que a médio/longo prazo seu uso seja cada vez mais expandido dentro de suas instalações. Conforme as ideias de Carvalho (2016), a partir do momento que há a ruptura das barreiras no regime sociotécnico vigente, com a introdução de novas tecnologias sustentáveis através de janelas de oportunidades, a tendência é que com o tempo um novo regime sociotécnico se estabeleça. Essa quebra de paradigmas, realizada com a construção da usina fotovoltaica, também é motivo de grande influência na comunidade externa, onde os membros da sociedade passam a refletir sobre a adoção de medidas sustentáveis semelhantes às adotadas pela universidade pública, tanto no consumo de energia elétrica quanto em outros temas que envolvem a sustentabilidade. No atual momento social onde os conceitos sustentáveis estão muito presentes nas discussões sociais, a prática de sustentabilidade por figuras com maior representatividade na comunidade inspira as gerações atuais a seguirem o mesmo caminho (NTONA; ARABATZIS; KYRIAKOPOULOS, 2015). As melhorias em relação a diversas questões com a instalação da usina fotovoltaica, estão identificadas na figura a seguir:

Figura 8 - Melhorias detectadas com a Usina Fotovoltaica



Fonte: Autoria própria, 2021

As melhorias sociais, culturais, educacionais e econômicas formam uma rede interligada de benefícios direcionados não apenas à comunidade interna da universidade pública, mas também capazes de inspirar e beneficiar toda a sociedade.

Analisando os dados, foi possível constatar que a alteração no regime (nível meso) através da dominância da tecnologia fotovoltaica ainda é algo mais distante. Foram criadas as janelas de oportunidades através do patrocínio da ANEEL/COPEL, que publicaram chamadas públicas incentivando inovações tecnológicas sustentáveis e a instituição pública de ensino superior analisada aderiu a esse propósito através da submissão de projetos que já vinham sendo estudados por pesquisadores dessa instituição de ensino e pesquisa. Foram dados os primeiros passos para pavimentar um caminho de padrões de comportamentos pautados na sustentabilidade social, econômica e ambiental. A quebra de paradigmas do regime até então vigente abre espaço para que ocorra um processo de transição sociotécnica através da fixação de um novo regime dominante (BAUER; FUENFSCHILLING, 2019). A tendência é que a ocorra a expansão do uso da energia solar em outros campus dessa universidade pública e essa ação possa cada vez mais enraizar padrões sustentáveis no que tange à geração e uso de energia elétrica, tornando possível a dominância da energia solar no regime dessa universidade a médio/longo prazo.

Quadro 2 - Dimensões do Nível Meso

NÍVEL MESO	<ul style="list-style-type: none"> - Ambiente universitário voltado para pesquisas e desenvolvimento de inovações tecnológicas sustentáveis. - Janelas de oportunidades através de políticas públicas voltadas à pesquisa, ciência, tecnologia e inovação, capazes de promoverem o desenvolvimento sustentável na esfera econômica, social e ambiental. - Janelas de oportunidades através de chamadas públicas que estimulam financeiramente a elaboração de projetos que implementem inovações tecnológicas sustentáveis através de parcerias entre universidades públicas e concessionárias de energia elétrica. - Trajetória tecnológica sustentável gerada nos nichos adentra o regime através da quebra de barreiras e apoio de janelas de oportunidades, o que permite o estabelecimento de novas tecnologias no ambiente com possibilidade de a médio/longo prazo, através da expansão da implementação da tecnologia fotovoltaica dentro da própria universidade e em outros locais da sociedade, estabelecer-se um novo regime dominante. - Percepção de uma série de melhorias financeiras, sociais, culturais, ambientais, entre outras, no âmbito de implementação de uma tecnologia sustentável.
-------------------	---

Fonte: Autoria própria, 2021

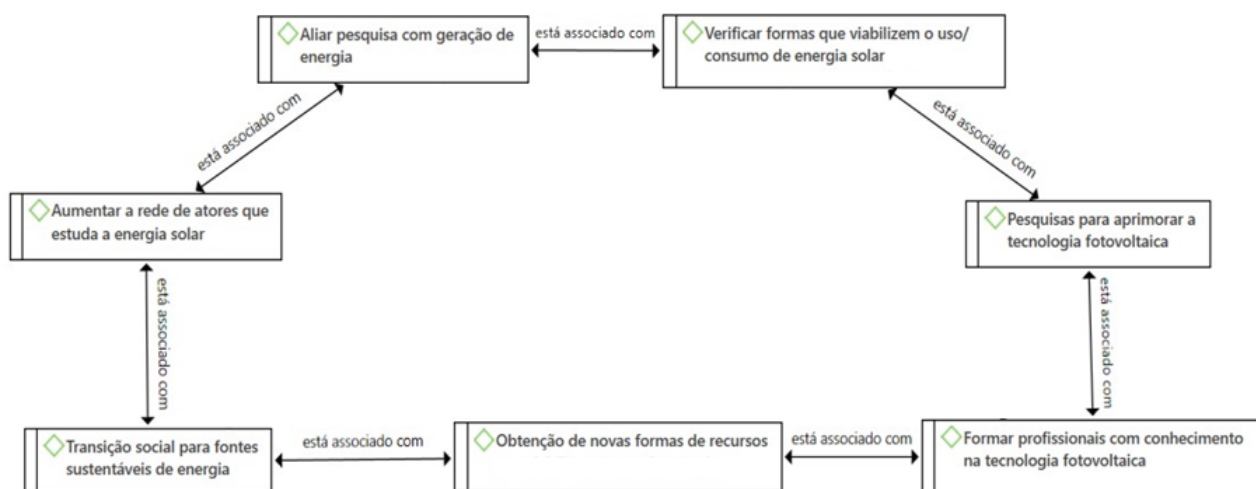
4.3.3 Análise das dimensões do Nível Macro

A paisagem, representada pelo Nível Macro, representa o nível onde ocorre o surgimento de mecanismos sociais que pressionam os nichos tecnológicos a produzirem inovações que atendam os novos anseios sociais, baseados na mudança de comportamento inspirada por movimentos sustentáveis (QUIST; TUKKER, 2013). Durante essa fase são identificados incentivos governamentais, pressões sociais e discussões que impulsionam a evolução sociotécnica (KIVIMAA *et al.*, 2017). A pressão do nível macro nos nichos tecnológicos acarreta a geração de soluções tecnológicas inovadoras para a evolução de estruturas sociotécnicas e o estudo de formas de aprimoramento e difusão dessas tecnologias. No processo de inovação tecnológica de estruturas sociotécnicas há também o processo de aprendizado para os atores envolvidos e esses podem aprimorar as tecnologias estudadas e aplicadas (BERKHOUT *et al.*, 2010).

Através dos dados documentais, foi possível identificar os mecanismos relacionados ao nível macro durante a concepção e implementação da usina fotovoltaica no âmbito da universidade pública analisada. Foi possível averiguar algumas discussões que cercam o tema da inovação tecnológica sustentável baseada

na energia fotovoltaica. Nos documentos são citadas a possibilidade do projeto da usina solar permitir aliar pesquisa com geração de energia (*living lab*), expansão da rede de atores que estudam essa tecnologia, transição para uso de energias renováveis, viabilização de formas de uso da energia solar, pesquisas que permitam a evolução da tecnologia fotovoltaica, formação de profissionais especializados na tecnologia fotovoltaica e obtenção de novas formas de recursos que viabilizem a expansão dessa tecnologia. Apesar do projeto da usina fotovoltaica ter sido realizado apenas dentro das dependências da universidade pública analisada e com fim na produção de energia para a mesma, uma instituição pública é fortemente ligada a sociedade onde se insere, portanto isso contribui para que a sociedade adote ações semelhantes. As discussões sobre a energia fotovoltaica por pesquisadores são passíveis de gerar contribuições para toda a sociedade pois no ambiente da academia e pesquisa geralmente essas ideias acabam sendo colocadas em prática através de estruturas que podem servir de exemplo social (BHATT; SINGH, 2020).

Figura 9 - Discussões e influências geradas pela Usina Fotovoltaica



Fonte: Autoria própria, 2021

Embora perceba-se nos tempos atuais que as pressões sociais por tecnologias sustentáveis estejam cada vez mais presentes na sociedade, a participação da sociedade foi pouco encontrada na relação de documentos. A universidade pública pode ser um agente de mudança dessa situação e inspirar a sociedade a aderir a tecnologia fotovoltaica e participar mais de discussões sobre essa temática. Os ambientes de pesquisa proporcionados pelas universidades tem

gerado grandes contribuições em relação à propagação de energias renováveis na sociedade, especialmente a energia fotovoltaica, em razão do alcance que essas instituições atingem em diversas nações (PADMANATHAN *et al.*, 2019).

Quadro 3 - Dimensões do Nível Macro

NÍVEL MACRO	<ul style="list-style-type: none"> - Pressões sociais por novas fontes de energia, através de mudanças no contexto global e pressões no caminho reverso, onde instituições de ensino e pesquisa implementam tecnologias sustentáveis com o intuito de inspirar membros da sociedade a seguirem o mesmo caminho. - Discussões sobre a tecnologia fotovoltaica relacionadas à implementação e aprimoramento dessa tecnologia através de pesquisas no ambiente universitário. - Aplicação de formas de energia sustentáveis que permitam a aliança com a pesquisa (<i>living lab</i>). - Mudanças no ambiente social, econômico e ambiental da universidade pública e inspiração para que essas mudanças ocorram na sociedade como um todo. - Uso de redes de distribuição de energia elétrica próprias capazes de manterem estruturas da universidade pública.
--------------------	---

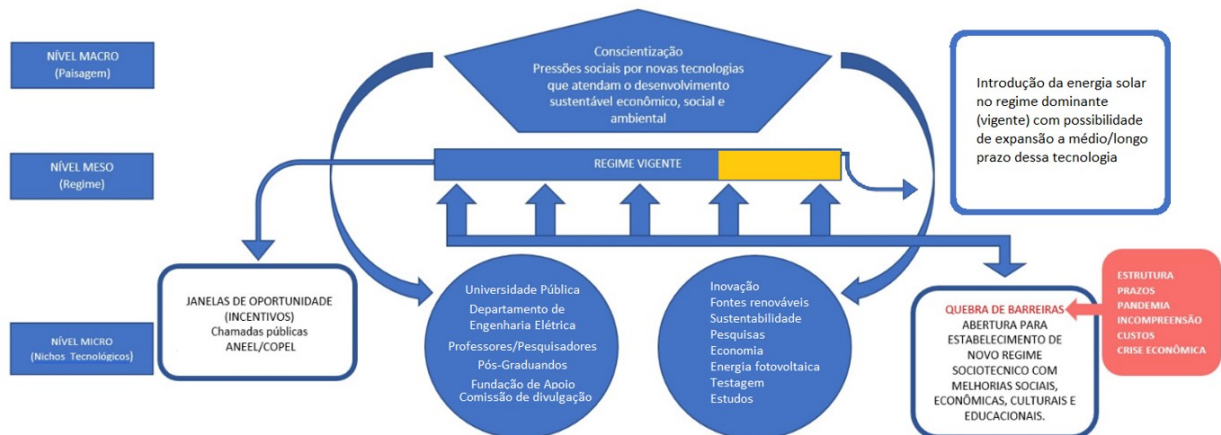
Fonte: Autoria própria, 2021

Fica claro que a implementação da usina fotovoltaica na universidade pública analisada não se limita aos benefícios econômicos, sociais e financeiros ligados à própria instituição. Esse projeto tem um papel muito maior. A intenção é pavimentar o caminho para que inovações tecnológicas sustentáveis, principalmente as baseadas em tecnologia fotovoltaica, passem a fazer parte do regime sociotécnico vigente na sociedade brasileira. A inovação tecnológica baseada em conceitos sustentáveis praticada por organizações gera aprendizado social e abre portas para práticas sustentáveis na sociedade (BERKHOUT *et al.*, 2010). Dessa forma, será possível que a sociedade, à nível macro, seja contemplada pelos benefícios que as inovações sustentáveis proporcionam no âmbito econômico, social e ambiental. O papel da universidade pública nesse objetivo é fundamental, pois se tratando de instituição pública de ensino e pesquisa, suas ações servem de exemplo para a sociedade brasileira.

Através do presente trabalho, baseado na abordagem da transição sociotécnica, foi possível compreender o processo de inovação tecnológica que ocorreu no âmbito da universidade pública estudada, através da implementação de estrutura fotovoltaica dentro de um de seus campus universitários. Em razão de

discussões sociais contemporâneas sobre sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e utilização de novas tecnologias pautadas na sustentabilidade, ocorreu o envolvimento de uma rede de atores com a tecnologia fotovoltaica nos nichos tecnológicos aliada à distribuição de recursos financeiros pelo Estado, através da COPEL/ANEEL, que permitiu que pesquisadores pudessem desenvolver projetos de pesquisa capazes de induzirem a mudança de estrutura e comportamento dentro da universidade pública analisada, contribuindo com a aplicação de conceitos sustentáveis nesse ambiente e na sociedade. O processo de implementação dessa tecnologia nessa universidade iniciou-se com o atendimento de anseios sociais nos nichos tecnológicos, fomentado por incentivos governamentais e transcorreu com o impacto no regime, até então vigente, desse ambiente, através de janelas de oportunidades que contribuíram para a quebra de barreiras existentes. Esse processo pode ser visualizado através da figura abaixo:

Figura 10 - Análise Sociotécnica do Processo de implementação da Usina Fotovoltaica



Fonte: Autoria própria, 2021

Todo esse processo foi analisado através de perspectivas multiatores, multifases e multiníveis, capazes de demonstrar o desenvolvimento de uma inovação tecnológica sustentável dentro de uma instituição pública de ensino superior capaz de disseminar essas informações para toda a sociedade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise documental realizada no capítulo anterior, foi possível apresentar resultados que respondem ao problema de pesquisa e atendem aos objetivos propostos. O objetivo geral dessa dissertação foi analisar a aplicação da energia fotovoltaica em uma universidade pública brasileira pela abordagem multinível, multifase e multiatores da transição sociotécnica, sendo que esse objetivo geral se desdobrou em cinco objetivos específicos responsáveis pelo elucidamento para a pergunta da presente pesquisa.

O primeiro objetivo específico propôs a análise da trajetória de desenvolvimento e aplicação da energia fotovoltaica em uma universidade pública brasileira. Por meio de análise documental, especialmente das chamadas públicas ANEEL 001/2016 e Copel VPDE 001/2017, e por meio de dados obtidos em sites que abordam a construção de usina fotovoltaica da universidade pública brasileira analisada compreendeu-se que através de estudos ligados à energia fotovoltaica previamente desenvolvidos por rede de pesquisadores do departamento de engenharia elétrica dessa universidade e de patrocínio financeiro por parte do Estado, na figura da COPEL, foi possível o desenvolvimento do projeto de eficiência energética dessa universidade, baseado principalmente na construção de usina solar capaz de fornecer economia, sustentabilidade e inspiração social para a comunidade interna e externa. No capítulo 4 foram apresentados dados que demonstraram a concepção inicial do projeto da usina fotovoltaica, bem como seu desenvolvimento e implementação, onde os dados foram subdivididos nas categorias Micro, Meso e Macro para facilitar o entendimento através da abordagem multinível, multiatores e multifases da transição sociotécnica. Através desses dados, foi possível identificar motivos, influências, discussões, áreas envolvidas, rede de atores, atribuições dos atores, organizações de comissões, barreiras, incentivos, etapas de implementação da usina fotovoltaica, melhorias geradas com a implementação da energia solar, o atual estado de funcionamento da usina solar e a reflexão sobre a dominância dessa tecnologia nesse âmbito.

O segundo objetivo específico consistiu na identificação dos atores e de suas atribuições que auxiliaram na aplicação e utilização da energia fotovoltaica em uma universidade pública brasileira. Percebeu-se a existência de uma rede de atores

composta por competências diversas, capazes de contribuir em diversas frentes com o desenvolvimento da usina fotovoltaica. Primeiramente, cabe destaque aos pesquisadores do departamento de engenharia elétrica dessa universidade pública, atuantes também na fundação de apoio dessa universidade e criadores dessa rede de atores. Eles já vinham desenvolvendo estudos em menor escala com a tecnologia fotovoltaica nesse departamento há algum tempo, visando o surgimento de uma oportunidade financeira que abrisse portas para a criação de projetos maiores. Através de fomento financeiro governamental proposto com as chamadas públicas ANEEL 001/2016 e Copel VPDE 001/2017, abriu-se a oportunidade para que projetos de pesquisa maiores fossem criados. A Copel passou então a participar da rede de atores com o incentivo financeiro ao projeto eficiência energética, relacionado à usina fotovoltaica, e ao projeto de desenvolvimento e pesquisa, aliado ao primeiro projeto, capaz de promover pesquisas relacionadas às tecnologias renováveis, em especial a energia fotovoltaica. A reitoria dessa universidade, a partir do momento da aprovação dos projetos de eficiência energética e de pesquisa e desenvolvimento por parte da Copel, ficou responsável por homologar a aplicação desses projetos, o que ocorreu através de apoio dessa instância à dedicação e determinação dos pesquisadores do departamento de engenharia elétrica para modificarem estruturas dentro da instituição, possibilitando a promoção de benefícios econômicos, ambientais e sociais. A superintendência de infraestrutura da universidade pública contribuiu com questões relacionadas à instalação da usina fotovoltaica, como por exemplo, auxílio na seleção do local de instalação, bem como ajuda técnica com o processo de instalação através de profissionais capacitados na área de engenharia.

A comissão interna de conservação de energia teve importante participação na divulgação dos projetos de eficiência energética e de pesquisa e desenvolvimento para os membros da universidade analisada e para a sociedade, sendo que essa divulgação tende a aumentar com o retorno das atividades presenciais no término da pandemia de coronavírus. A fundação de apoio dessa universidade pública, conforme citado anteriormente, também teve participação no início do projeto através de pesquisadores que atuam na fundação e no departamento de engenharia elétrica. Ainda, essa instituição contribuiu com a gestão do projeto de eficiência energética, responsável pela instalação da usina fotovoltaica nessa universidade e com o controle de prazos e qualidade de todo o processo que envolveu a implementação dessa usina.

Os pesquisadores de outros departamentos da universidade pública analisada também tiveram importante participação na rede de atores responsável pela implementação da usina solar, como por exemplo professores do departamento de engenharia mecânica que auxiliaram nos estudos e implementação das estruturas da usina solar modalidade carport no estacionamento de campus dessa universidade, bem como os professores do departamento de arquitetura e urbanismo, que auxiliaram na concepção do design da usina fotovoltaica. Ainda, mestrandos e doutorandos de várias áreas de estudo dessa universidade, especialmente às ligadas à engenharia elétrica, participaram de estudos e pesquisas desenvolvidos durante a concepção e implementação da usina solar e ainda elaboram pesquisas após sua conclusão, através da mensuração de dados que a usina fotovoltaica fornece.

O terceiro e quarto objetivos específicos consistiram na análise das dimensões multiníveis (micro, meso e macro) que interferem no desenvolvimento e aplicação da energia fotovoltaica dentro de uma universidade pública brasileira, bem como na compreensão, a partir da teoria da transição sociotécnica, da relação e coevolução dos multiatores e os multiníveis (micro, meso e macro) na trajetória de desenvolvimento e aplicação da energia fotovoltaica (multifases). Primeiramente, para facilitar o agrupamento das informações obtidas de acordo com cada nível, foi feita a divisão do capítulo 4 em dados relacionados aos níveis Micro, Meso e Macro. Foi possível identificar, através da abordagem multinível da análise sociotécnica, que o nível micro interferiu no desenvolvimento e aplicação da energia solar dentro da universidade pública analisada através de nichos tecnológicos formados por uma rede de atores, iniciada pelos pesquisadores do departamento de engenharia elétrica. Através de ajuda financeira da COPEL para viabilizar projetos de eficiência energética e de pesquisa e desenvolvimento, os professores desse departamento conseguiram aprovação de projetos que já vinham sendo estudados em ambas modalidades, sendo que o de eficiência energética contemplou a construção da usina fotovoltaica e está fortemente ligado à economia financeira e sustentabilidade. Discussões relacionadas à energia fotovoltaica que ocorriam dentro do departamento de engenharia elétrica puderam, através da Chamada VPDE COPEL 001/2017, tomar forma através de uma usina solar que gerou benefício econômico, pesquisas, sustentabilidade e aprimoramento de estruturas. Nesse processo, outros atores foram adicionados à rede dos nichos tecnológicos, como a fundação de apoio da universidade pública

analisada, superintendência de infraestrutura, comissão interna de conservação de energia, professores de outros departamentos, como arquitetura, engenharia mecânica, física, entre outras áreas, além da participação de pós-graduandos através de pesquisas acadêmicas.

No nível meso foi possível identificar o regime sociotécnico até então vigente na universidade pública analisada, as janelas de oportunidades que surgiram e possibilitaram a quebra de barreiras existentes e o surgimento de mudanças que possibilitam a introdução, a médio/longo prazo, de um novo regime sociotécnico baseado em tecnologias sustentáveis. As janelas de oportunidades são representadas pelos incentivos que possibilitaram a realização do projeto da usina fotovoltaica. As chamadas públicas ANEEL 001/2016 e Copel VPDE 001/2017 possibilitaram financeiramente a concretização de projetos de pesquisa e de eficiência energética criados por pesquisadores do departamento de engenharia elétrica. Esses tiveram o apoio da reitoria e de outros órgãos internos da universidade, como fundação de apoio e superintendência de infraestrutura, o que agregou mais conhecimento técnico para a realização das obras. Em relação às barreiras, a primeira e talvez a mais importante a ser quebrada, foi detectada no estágio inicial do projeto da usina fotovoltaica e consistiu no entendimento que não havia possibilidade da usina fotovoltaica ser construída no local inicialmente escolhido, sendo esse o telhado de prédio de determinado setor da universidade pública analisada, em razão da impossibilidade dessa estrutura comportar a usina fotovoltaica. Ainda, a pandemia de coronavírus, que por si só é considerada uma barreira, trouxe mais barreiras, sendo essas o afastamento de atividades presenciais que afetaram o andamento das obras e mensuração de dados. Apesar da existência dessas barreiras, tudo foi devidamente contornado e todas as etapas discriminadas no capítulo 5 foram percorridas com êxito.

A usina fotovoltaica foi instalada no estacionamento de campus dessa universidade e as obras foram concluídas dentro do prazo e de acordo com o orçamento proposto pela COPEL. No campo da mensuração dos dados relacionados à usina, mesmo que com o ainda afastamento de atividades presenciais, está sendo possível o acompanhamento em tempo real do funcionamento dessa estrutura através do *living lab*. Melhorias sociais, culturais, econômicas e educacionais já são perceptíveis pelos envolvidos e a tendência é que toda a comunidade da universidade pública analisada possa desfrutar desses benefícios em breve com o retorno das

atividades presenciais no campus onde a estrutura fotovoltaica foi instalada. A tendência é que a tecnologia fotovoltaica consiga se estabelecer no regime sociotécnico dessa universidade a médio/longo prazo.

No campo macro coube o entendimento de que diretrizes legais e administrativas do Estado, através da abertura das chamadas públicas ANEEL 001/2016 e Copel VPDE 001/2017, lograram pressões nos nichos tecnológicos para que essa oportunidade fosse atendida através da criação de projetos sustentáveis e inovadores ligados à eficiência energética e ao desenvolvimento de pesquisas dentro da universidade pública analisada. Com a conscientização ambiental ligada à sustentabilidade cada vez mais presente em nossa sociedade, o que tende a gerar mudanças de comportamentos institucionais e sociais, também foi averiguado de que forma a sociedade poderia ser influenciada positivamente pelas mudanças ocorridas dentro dessa universidade através da implementação da usina fotovoltaica. As universidades públicas figuram como entes capazes de modificar comportamentos sociais através de seu papel de educador social. Portanto, espera-se que as atitudes sustentáveis geradas dentro dessa instituição, através da ciência e da pesquisa, proporcionem mudanças relacionadas às áreas econômica, social e ambiental na sociedade brasileira.

Ademais, o quinto objetivo específico consistiu na proposição de produto técnico capaz de orientar a implementação da tecnologia fotovoltaica em instituições públicas de ensino superior. Esse produto está disponível em conjunto com a presente dissertação e objetiva a propagação de conhecimento relacionado à tecnologia fotovoltaica para que outras instituições públicas de ensino superior possam fazer uso das informações desse documento.

Através dessa dissertação foi possível analisar a implementação da energia fotovoltaica em uma universidade pública brasileira pela abordagem multinível, multifase e multiatores da transição sociotécnica. Espera-se que esse trabalho suscite novas pesquisas relacionadas ao tema, inclusive referentes a outros tipos de inovações tecnológicas relacionadas às energias renováveis e sustentáveis. Dessa forma, possibilita-se o entendimento e a expansão da aplicação de fontes sustentáveis de energia na esfera pública, o que contribui com o desenvolvimento sustentável da sociedade brasileira.

REFERÊNCIAS

- AKIZU, O. *et al.* Tracing the emerging energy transitions in the Global North and the Global South. **international journal of hydrogen energy**, [s. l.], v. 42, n. 28, p. 18045-18063, 2017.
- ALASSI, A. *et al.* Transmissão HVDC: revisão de tecnologia, tendências de mercado e perspectivas futuras. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 112, p. 530-554, 2019.
- ALBERTIN, L. A. Administração de Informática e a Organização. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 34, n. 6, p. 60-72, 1994.
- ALVES, M. G. *et al.* Photovoltaic micro-grid for GD with active and reactive power injection control for connected and islanded operation. **2018 Simposio Brasileiro de Sistemas Eletricos (SBSE)**, Niterói, p. 1-6, 2018.
- ANDERSEN, A. D.; MARKARD, J. Interação multitecnologia em transições sociotécnicas: Como a dinâmica recente da tecnologia HVDC pode informar as teorias de transição. **Previsão tecnológica e mudança social**, [s. l.], v. 151, p. 119802, 2020.
- ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Chamada nº. 001/2016**. Projeto prioritário de eficiência energética e estratégico de P&D: "Eficiência energética e minigeração em instituições públicas de educação superior". Brasília, DF: ANEEL, 2016. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656831/14930433/Priorit%C3%A1rio+e+Estrat%C3%A9gico+%28Edital+final%29/7817f2ab-0f65-42b8-b8d4-e91a2b61239f>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- ARAÚJO, K. The emerging field of energy transitions: progress, challenges, and opportunities. **Energy research & social science**, [s. l.], v. 1, p. 112-121, 2014.
- BALOCH, M. H. *et al.* Hybrid energy sources status of Pakistan: An optimal technical proposal to solve the power crises issues. **Energy Strategy Reviews**, [s. l.], v. 24, p. 132-153, 2019.
- BALTA-OZKAN, N.; WATSON, T.; MOCCA, E. Spatially uneven development and low carbon transitions: Insights from urban and regional planning. **Energy Policy**, [s. l.], v. 85, p. 500-510, 2015.
- BANAL-ESTAÑOL, A.; CALZADA, J.; JORDANA, J. Como obter eletrificação completa: lições da América Latina. **Política energética**, [s. l.], v. 108, p. 55-69, 2017.
- BARBIERI, J. C. *et al.* Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 146-154, 2010.

BAUER, F.; FUENFSCILLING, L. Iniciativas locais e regimes globais - Dinâmica de transição multi-escalar na indústria química. **Jornal de produção mais limpa**, [s. l.], v. 216, p. 172-183, 2019.

BERKHOUT, F. *et al.* Sustainability experiments in Asia: innovations shaping alternative development pathways? **environmental science & policy**, [s. l.], v. 13, n. 4, 261-271, 2010.

BERQUO, D. F.; SOUZA, G. R. de; FRANCA, B. W. Impact of photovoltaic generation system on the energy quality of distribution systems. **2018 Simposio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE)**, Niterói, p. 1-6, 2018.

BESSANT, J.; TIDD, J. **Inovação e empreendedorismo**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2019.

BHATT, B.; SINGH, A. Stakeholders' role in distribution loss reduction technology adoption in the Indian electricity sector: An actor-oriented approach. **Energy Policy**, [s. l.], v. 137, p. 111064, 2020.

BIANCHI, M.; BACKES, R. G.; GIONGO, J. A participação da controladoria no processo de gestão organizacional. **Contexto**, Porto Alegre, v. 6, n. 10, p. 69-92, 2006.

BORTOLOTO, V. A. *et al.* Geração de Energia Solar On Grid e Off Grid. *In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA*. 6., 2017, Botucatu. **Anais [...]** Botucatu: Fatec, 2017. p. 1-6.

BRADSHAW, A.; MARTINO JANNUZZI, G. M. de. Governing energy transitions and regional economic development: Evidence from three Brazilian states. **Energy Policy**, [s. l.], v. 126, p. 1-11, 2019.

BRAGA, A. *et al.* Poluição atmosférica e saúde humana. **Revista USP**, São Paulo, v. 51, p. 58-71, 2001.

BRAGA, R. P. **Energia Solar Fotovoltaica: Aplicações e Fundamentos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 27 jul. 2021.

BRITO, M. C.; SILVA, J. A. Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em electricidade. **O instalador**, Lisboa, p. 1-7, 2006.

BROSE, M. E. Abordagem Multinível da Diversificação da Matriz Elétrica no Rio Grande do Sul: desafios da escala e do poder decisório. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, v. 39, n. 135, p. 107-125, 2018.

CAMPOS, L. M. de S. *et al.* Relatório de sustentabilidade: perfil das organizações brasileiras e estrangeiras segundo o padrão da Global Reporting Initiative. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 913-926, 2013.

CARVALHO, A. de P. **EcoInovações em energias renováveis no Parque Tecnológico Itaipu**: abordagem da transição sociotécnica. 2016. Tese (Doutorado em Administração) - Programa de Mestrado e Doutorado em Administração, Universidade Positivo, Curitiba, 2016.

CARVALHO, A. de P.; SILVEIRA, A. D.; CUNHA, S. K. da. Renewable energy innovations multiphase trajectory at Itaipu technological park. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 246, p. 119062, 2020.

CARVALHO, de A. T. F.; CABRAL, J. J. da S. P. Metodologia para avaliação de sustentabilidade hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios): Conceito e estruturação do instrumento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [s. l.], v. 21, n. 3, n.p., 2020.

CLAUSEN, J.; FICHTER, K. The diffusion of environmental product and service innovations: Driving and inhibiting factors. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, [s. l.], v. 31, p. 64-95, 2019.

CLOKE, J.; MOHR, A.; BROWN, E. Imagining renewable energy: Towards a Social Energy Systems approach to community renewable energy projects in the Global South. **Energy research & social science**, [s. l.], v. 31, p. 263-272, 2017.

COOKE, P. Transition regions: Regional–national eco-innovation systems and strategies. **Progress in planning**, [s. l.], v. 76, n. 3, p. 105-146, 2011.

COPEL (Companhia Paranaense de Energia). **Chamada Pública COPEL 001/2017**. Projeto prioritário de eficiência energética e estratégico de P&D. [S. l.]: COPEL, 2017. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2F9616F53411A8980A832580B3005B3856>. Acesso em: 20 jun. 2021.

COPEL (Companhia Paranaense de Energia). **Copel e UFPR inauguram usina solar fotovoltaica em Curitiba**. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcweb/copel-e-ufpr-inauguram-usina-solar-fotovoltaica-em-curitiba/>. Acesso em: 18 jun. 2021.

COUTO, E. P.; SILVA, F. O. D. Desenvolvimento (in) sustentável. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 41-54, 2014.

CRISTÓVAM, J. S. S.; SILVA, E. B. da; SANMIGUEL, N. N. G. O Estado consumidor e a utilização da energia solar nas edificações públicas: uma análise a partir do paradigma da sustentabilidade. **Revista Jurídica - UNICURITIBA**, Curitiba, v. 4, n. 61, p. 313-341, nov. 2020. Disponível em: <http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/RevJur/article/view/4620/371372780>. Acesso em: 27 jan. 2021.

DELINA, L. L. Energy democracy in a continuum: Remaking public engagement on energy transitions in Thailand. **Energy research & social science**, [s. l.], v. 42, p. 53-60, 2018.

DICKEL, D. G. *et al.* Análise dos Processos de Gestão Voltados à Sustentabilidade: Um Estudo de Caso em um Concessionário Mercedes-Benz. **Revista Espaços**, [s. l.], v. 37, n. 4, n.p., 2016.

DOPFER, K.; FOSTER, J.; POTTS, J. Micro-meso-macro. **J. Evol. Econ.**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 263-279, 2004.

ECODEBATE. **Alemanha tem quatro das cinco usinas térmicas a carvão mais poluentes da União Europeia**. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2014/07/24/alemanha-tem-quatro-das-cinco-usinas-termicas-a-carvao-mais-poluente-da-uniao-europeia/>. Acesso em: 5 ago. 2021.

ELKINGTON, J. Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. **Environmental quality management**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 37-51, 1998.

ENERGI. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Você sabe o que é Eficiência Energética?** Disponível em: <https://energi.eletrica.ufpr.br/>. Acesso em: 18 jun. 2021.

ESPOSITO, A. S.; FUCHS, P. G. Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 40, p. 85-113, dez. 2013. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1421>. Acesso em: 1 set. 2021.

FEARNSIDE, P. M. **Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras**. Manaus: INPA, 2015. v. 2.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Cad. EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 3, p. 667-681, 2017.

FRANK, A. G. *et al.* The contribution of innovation policy criteria to the development of local renewable energy systems. **Energy Policy**, [s. l.], v. 115, p. 353-365, 2018.

GAZOLLA, M. Perspectiva multinível e coevolucionária e a noção de novidades no Desenvolvimento Rural e Regional: aplicações aos estudos das práticas criativas da Agricultura Familiar. **Redes (St. Cruz Sul, Online)**, Santa Cruz do Sul, v. 25, n. 1, p. 232-254, 2020.

GEELS, F. W. Co-evolutionary and multi-level dynamics in transitions: the transformation of aviation systems and the shift from propeller to turbojet (1930–1970). **Technovation**, [s. l.], v. 26, n. 9, p. 999-1016, 2006.

GEELS, F. W. Low-carbon transition via system reconfiguration? A socio-technical whole system analysis of passenger mobility in Great Britain (1990–2016). **Energy research & social science**, [s. l.], v. 46, p. 86-102, 2018.

- GEELS, F. W. The impact of the financial–economic crisis on sustainability transitions: Financial investment, governance and public discourse. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, [s. l.], v. 6, p. 67-95, 2013.
- GEELS, F. W. Transições tecnológicas como processos de reconfiguração evolutiva: uma perspectiva multinível e um estudo de caso. **Research policy**, [s. l.], v. 31, n. 8-9, p. 1257-1274, 2002.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. [S. l.]: Plageder, 2009.
- GIL, A. C. Como classificar as pesquisas. **Como elaborar projetos de pesquisa**, [s. l.], v. 4, p. 44-45, 2002.
- GOMES, G. C.; ATRASAS, A. L. **Gestão da Inovação Tecnológica: empreendedorismo e geração de tecnologia em instituições de pesquisa**. Brasília, DF: Embrapa, 2006.
- GROSS, R. *et al.* How long does innovation and commercialisation in the energy sectors take? Historical case studies of the timescale from invention to widespread commercialisation in energy supply and end use technology. **Energy Policy**, [s. l.], v. 123, p. 682-699, 2018.
- HILLMAN, K. M.; SANDÉN, B. A. Exploring technology paths: the development of alternative transport fuels in Sweden 2007–2020. **Technological forecasting and social change**, v. 75, n. 8, p. 1279-1302, 2008.
- HOSSAIN, M. S. *et al.* Role of smart grid in renewable energy: An overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 60, p. 1168-1184, 2016.
- HUBER, J. Pioneer countries and the global diffusion of environmental innovations: Theses from the viewpoint of ecological modernisation theory. **Global Environmental Change**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 360-367, 2008.
- JACOBI, P. Meio ambiente e sustentabilidade. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [s. l.], p. 175-183, 1999.
- KEMERICH, P. D. da C. *et al.* Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 241-247, 2016.
- KEPPLER, D. Absorption chillers as a contribution to a climate-friendly refrigeration supply regime: Factors of influence on their further diffusion. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 172, p. 1535-1544, 2018.
- KIVIMAA, P. *et al.* Experiments in climate governance—a systematic review of research on energy and built environment transitions. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 169, p. 17-29, 2017.
- KLEIN, S. J.; COFFEY, S. Building a sustainable energy future, one community at a time. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 60, p. 867-880, 2016.

KORJONEN-KUUSIPURO, K. *et al.* The emergence and diffusion of grassroots energy innovations: Building an interdisciplinary approach. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 140, p. 1156-1164, 2017.

KRIPKA, R. M. L.; SCHELLER, M.; BONOTTO, D. D. L. Pesquisa documental na pesquisa qualitativa: conceitos e caracterização. **Revista de investigaciones UNAD**, Bogotá, v. 14, n. 2, p. 55-73, 2015.

LANA, L. T. C. *et al.* Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. **Engenharias On-line**, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p. 21-33, 2015.

LEON BARIDO, D. P. de; AVILA, N.; KAMMEN, D. M. Exploring the Enabling Environments, Inherent Characteristics and Intrinsic Motivations Fostering Global Electricity Decarbonization. **Energy Research & Social Science**, [s. l.], v. 61, p. 101343, 2020.

LING-ZHI, R. *et al.* The economic performance of concentrated solar power industry in China. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 205, p. 799-813, 2018.

LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa**. Campina Grande: EDUEPB, 2013.

LOURENÇO, M. L.; CARVALHO, D. M. Sustentabilidade social e desenvolvimento sustentável. **Race: revista de administração, contabilidade e economia**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 9-38, 2013.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. **Rev. Virtual Quim.**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 126-143, 2015.

MAGGIONI, I. **2 em 1: estacionamento da UFPR é a maior usina pública de energia solar do Paraná**. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/parana/usina-publica-energia-solar-estacionamento-ufpr/>. Acesso em: 18 jun. 2021.

MANFROI, J. **Métodos e técnicas de pesquisa**. Campo Grande: UCDB/EAD, 2006.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

MEDEIROS, L. A. de; VILLALVA, M. G.; SIQUEIRA, T. G. de. Technical and economic feasibility analysis for solar photovoltaic generation plants. **2018 Simposio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE)**, Niterói, p. 1-6, 2018.

MELO, L. S. *et al.* Study of the behavior of an electric power distribution system under the influence of photovoltaic generation. **2018 Simposio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE)**, Niterói, p. 1-6, 2018.

MENDONÇA, A. T. B. B.; CUNHA, S. K. da; NASCIMENTO, T. C. Transição Tecnológica para Sustentabilidade: relações teóricas para uma análise multinível. *In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA*

EM ADMINISTRAÇÃO. 37., 2013, Rio de Janeiro. **Anais [...]** Rio de Janeiro: [s. n.], 2013. p. 1-16.

MENEZES, U. G. de *et al.* Gestão da inovação para o desenvolvimento sustentável: comportamento e reflexões sobre a indústria química. **RAI Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 88-116, 2011.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. **Revista Economia e Desenvolvimento**, [s. l.], n. 16, p. 23-41, 2004.

MORAES, R. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

MORAN, J. M. Novas tecnologias e o reencantamento do mundo. **Revista Tecnologia Educacional**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 126, p. 24-26, 1995.

NASCIMENTO, E. P. D. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estud. av.**, [s. l.], v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012.

NASSA, T. *et al.* **Universidade Federal do Paraná inaugura maior usina solar em estacionamento no País**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/universidade-federal-do-parana-inaugura-maior-usina-solar-em-estacionamento-no-pais.html>. Acesso em: 18 jun. 2021.

NETO, J. C. **A energia solar como uma vantagem competitiva em empresas industriais da Amazônia**. Ganhos de eficiência da empresa e preferências do consumidor. 2011. Dissertação (Mestrado em Gestão de Empresas) - Instituto Universitário de Lisboa, ISCTE Business School, Lisboa, 2011.

NEVER, B.; BETZ, J. Comparing the climate policy performance of emerging economies. **World Development**, [s. l.], v. 59, p. 1-15, 2014.

NEVES, A. **Gestão na administração pública**. [S. l.]: Pergaminho; Bertrand, 2002.

NTONA, E.; ARABATZIS, G.; KYRIAKOPOULOS, G. L. Energy saving: Views and attitudes of students in secondary education. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 46, p. 1-15, 2015.

NUNES, A. **UFPR inaugura a maior usina fotovoltaica em universidade pública do Brasil**. Disponível em: <https://www.ufpr.br/portalfufpr/noticias/ufpr-inaugura-nesta-sexta-feira-a-maior-usina-fotovoltaica-em-universidade-publica-do-brasil/>. Acesso em: 18 jun. 2021.

OLIVEIRA CLARO, P. B. de; CLARO, D. P.; AMÂNCIO, R. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. **R.Adm.**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 289-300, 2008.

OLIVEIRA, H. M. de; AGUIAR SODRÉ, E. de. Study of a grid-tied photovoltaic system in Caruaru using PVsyst and Skelion. **2018 Simposio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE)**, Niterói, p. 1-6, 2018.

OLIVEIRA, J. A. P. de. *et al.* Green economy and governance in cities: assessing good governance in key urban economic processes. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 58, p. 138-152, 2013.

OLIVEIRA, N. M. D.; STRASSBURG, U.; PIFFER, M. Técnicas de pesquisa qualitativa: uma abordagem conceitual. **Ciências Sociais Aplicadas em Revista**, Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 32, p. 87-110, 2017.

OSUNMUYIWA, O.; KALFAGIANNI, A. The Oil Climax: Can Nigeria's fuel subsidy reforms propel energy transitions? **Energy research & social science**, [s. l.], v. 27, p. 96-105, 2017.

PADMANATHAN, K. *et al.* A sociocultural study on solar photovoltaic energy system in India: Stratification and policy implication. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 216, p. 461-481, 2019.

PARLAMENTO EUROPEU. CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. **Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de abril de 2009, relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis que altera e subsequentemente revoga as Directivas 2001/77/CE e 2003/30/CE**. Estrasburgo: Jornal Oficial da União Europeia, 2009. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=ET>. Acesso em: 5 jul. 2021.

PAULA, A. P. P. de. Administração pública brasileira entre o gerencialismo e a gestão social. **Rev. adm. empres.**, [s. l.], v. 45, n. 1, p. 36-49, 2005.

PAZ, F. J.; KIPPER, L. M. Sustentabilidade nas organizações: vantagens e desafios. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 11, n. 2, p. 85-102, 2016.

PEREZ, G. **Adoção de inovações tecnológicas: Um estudo sobre o uso de sistemas de informação na área de saúde**. 2006. Tese (Doutorado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

POWER, M. *et al.* The political economy of energy transitions in Mozambique and South Africa: The role of the Rising Powers. **Energy research & social science**, [s. l.], v. 17, p. 10-19, 2016.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. [S. l.]: Feevale, 2013.

QUIST, J.; TUKKER, A. Knowledge collaboration and learning for sustainable innovation and consumption: introduction to the ERSCP portion of this special volume. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 48, p. 167-175, 2013.

RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. **Metodologia da pesquisa aplicável às ciências**. Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2006. p. 76-97.

REIS, P. **Os 5 painéis solares fotovoltaicos mais potentes do mercado**. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/5-paineis-solares-fotovoltaicos-potentes-147950/>. Acesso em: 6 ago. 2021.

RIVA, F. *et al.* Electricity access and rural development: Review of complex socio-economic dynamics and causal diagrams for more appropriate energy modelling. **Energy for Sustainable Development**, [s. l.], v. 43, p. 203-223, 2018.

RIZZI, F.; VAN ECK, N. J.; FREY, M. The production of scientific knowledge on renewable energies: Worldwide trends, dynamics and challenges and implications for management. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 62, p. 657-671, 2014.

ROCHA, B. C. *et al.* Economic evaluation of photovoltaic microgeneration in the Southeast region of Brazil. **2018 Simposio Brasileiro de Sistemas Eletricos (SBSE)**, Niterói, p. 1-6, 2018.

ROOS, A.; BECKER, E. L. S. Educação ambiental e sustentabilidade. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [s. l.], v. 5, n. 5, p. 857-866, 2012.

SAETHER, B.; ISAKSEN, A.; KARLSEN, A. Innovation by co-evolution in natural resource industries: The Norwegian experience. **Geoforum**, [s. l.], v. 42, n. 3, p. 373-381, 2011.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Braz. J. Phys. Ther.**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007.

SANTOS CARSTENS, D. D. dos; CUNHA, S. K. da. Challenges and opportunities for the growth of solar photovoltaic energy in Brazil. **Energy Policy**, [s. l.], v. 125, p. 396-404, 2019.

SANTOS, M. **Universidade Federal do Paraná inaugura a maior usina solar do Brasil construída em estacionamento**. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2020/01/universidade-federal-do-parana-inaugura-maior-usina-solar-do-brasil-construida-em-estacionamento.html>. Acesso em: 18 jun. 2021.

SÁ-SILVA, J. R.; ALMEIDA, C. D. de; GUINDANI, J. F. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1-15, 2009.

SCHAUBE, P.; ORTIZ, W.; RECALDE, M. Status and future dynamics of decentralised renewable energy niche building processes in Argentina. **Energy research & social science**, [s. l.], v. 35, p. 57-67, 2018.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. **Qualitas Revista Eletrônica**, [s. l.], v. 16, n. 1, 2015.

SILVA, M. E. da. A estratégia de Responsabilidade Social e a transição para sustentabilidade. **Teoria e Prática em Administração (TPA)**, João Pessoa, v. 4, n. 1, p. 56-77, 2014.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. **A pesquisa científica**. Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. p. 33-44.

SOUSA, W. L. de. **Impacto ambiental de hidrelétricas**: uma análise comparativa de duas abordagens. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) - Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

SOVACOOOL, B. K. How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. **Energy research & social science**, [s. l.], v. 13, p. 202-215, 2016.

STILGOE, J.; OWEN, R.; MACNAGHTEN, P. Developing a framework for responsible innovation. **Research Policy**, [s. l.], v. 42, n. 9, p. 1568-1580, 2013.

SUPERINTENDÊNCIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL. **UFPR terá a maior usina solar fotovoltaica do Paraná**. Disponível em: <https://www.ufpr.br/portalufpr/noticias/ufpr-tera-a-maior-usina-solar-fotovoltaica-do-parana/>. Acesso em: 18 jun. 2021.

SUPERINTENDÊNCIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL. **Energi UFPR**: maior usina solar fotovoltaica em carport do Brasil funcionará em campus de Curitiba. Disponível em: <https://www.ufpr.br/portalufpr/noticias/energi-ufpr-maior-usina-solar-fotovoltaica-em-carport-do-brasil-esta-em-funcionamento-no-politecnico/>. Acesso em: 18 jun. 2021.

SUPERINTENDÊNCIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL. **Energi UFPR**: projeto viabiliza pesquisas e ações multidisciplinares em eficiência energética. Disponível em: <https://www.ufpr.br/portalufpr/noticias/energi-ufpr-projeto-tem-viabilizado-pesquisas-multidisciplinares-na-area-de-eficiencia-energetica/>. Acesso em: 18 jun. 2021.

SUPERINTENDÊNCIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL. **Energi UFPR**: troca de quase 56 mil lâmpadas por LED reduz gastos com energia e manutenção. Disponível em: <https://www.ufpr.br/portalufpr/noticias/133533/>. Acesso em: 18 jun. 2021.

VAN BELLEN, H. M. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Ambiente & Sociedade**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 67-87, 2004.

VEIGA, J. E. da. O prelúdio do desenvolvimento sustentável. **Economia brasileira: perspectivas do desenvolvimento**, São Paulo, p. 243-266, 2005.

VEIGA, J. E. da. Saúde e sustentabilidade. **Estud. av.**, [s. l.], v. 34, n. 99, p. 303-310, 2020.

VIEIRA, A. M. *et al.* Inovação sociotécnica e multinível em energia solar: análise sistemática da literatura. **Revista Competitividade e Sustentabilidade**, Cascavel, v. 8, n. 1, p. 34-55, 2021.

YUAN, J.; XU, Y.; HU, Z. Delivering power system transition in China. **Energy Policy**, [s. l.], v. 50, p. 751-772, 2012.